

Juho Viljamaa

# TYÖLAITTEEN JA KUORMAAJAN YHTEENSOPIVUUDEN HALLINTA TUOTTEISTAMISESSA

Diplomityö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Yliopistonlehtori Timo Lehtonen  
Tutkijatohtori Jarkko Pakkanen  
Joulukuu 2020

## TIIVISTELMÄ

**Juho Viljamaa:** Työlaitteen ja kuormaajan yhteensopivuuden hallinta tuotteistamisessa  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma  
Joulukuu 2020

---

Tämä diplomityö tehtiin suomalaiselle pienkuormaajavalmistajalle, joka halusi pysyä nimettömänä. Yrityksellä on valikoimissaan useita eri kuormaajamalleja sekä suuri määrä niihin kytkettäviä työlaitteita. Laitevalikoimat kasvavat jatkuvasti kovaa vauhtia ja se on aiheuttanut ongelmia laitteiden yhteensopivuuksien hallinnassa. Toistaiseksi yhteensopivuuksien hallinnassa ei ole ollut mitään systemaattisia menetelmiä.

Tässä työssä keskityttiin kehittämään työlaite-suunnittelua. Työn tavoitteena oli kehittää toimintatapoja työlaitteiden tuotteistamisprosessissa pääpainon ollessa yhteensopivuuksien hallinta. Tutkimusongelmana oli miten työlaitteen ja kuormaajan yhteensopivuuden hallintaa saadaan parannettua tuotteistamisprosessissa. Ongelmaan haettiin ratkaisua selvittämällä, millaisia yhteensopivuuden hallintakeinoja on olemassa ja mistä yhteensopivuus koostuu kohdeyrityksessä.

Tutkimus aloitettiin kirjallisuuskatsauksella työn aihepiireistä. Tutkitut aihepiirit olivat virtausmalli, rajapintojen hallintatavat sekä CE-merkityn työlaitteen tuotteistaminen. Kirjallisuuskatsauksen jälkeen aloitettiin tapaustutkimus kohdeyrityksen tilanteesta. Tapaustutkimuksen aluksi mallinnettiin työlaitteiden tuotteistamisprosessin nykytila virtausmallilla. Luotua nykytilavirtausmallia käytettiin tuotteistamisprosessin kehittämiseen. Tämän jälkeen sovellettiin kirjallisuudesta löytyneitä rajapintojen hallintatapoja kohdeyrityksen tilanteeseen.

Tutkimuksen tulokseksi saatiin lista kehitysehdotuksia työlaitteen tuotteistamisprosessiin. Työlaitteiden ja kuormaajien välinen rajapinta dokumentoitiin tarkasti. Lisäksi luotiin useita aputyökaluja työlaitteiden suunnitteluprosessiin parantamaan yhteensopivuuksien hallintaa.

Avainsanat: yhteensopivuuden hallinta, rajapintadokumentaatio, tilavarausmalli, virtausmalli, tuotteistaminen

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check –ohjelmalla.

# ABSTRACT

**Juho Viljamaa:** Managing the compatibility between attachment and loader in productization  
Master of Science Thesis  
Tampere University  
Master's Degree Programme in Mechanical Engineering  
December 2020

---

This master's thesis has been done to a Finnish compact loader manufacturer which wanted to stay anonymous. The company has multiple different loader series and a large amount of attachments in their selections. The selections are constantly growing fast and that has costed problems in managing compatibilities between loaders and attachments. For now, there hasn't been used any systematic methods in managing compatibilities.

The focus of this thesis was to develop attachment designing. The goal of this thesis was to develop the working methods in productization process of attachment while the main emphasis was in managing compatibilities. The research problem was how to improve the managing of compatibilities between attachment and loader in productization process. The solution for the research problem was searched by figuring out the ways of the managing compatibilities and from what compatibility consist of in this certain company.

The study was started by literature check of the main subjects. The researched subjects were flow model, managing ways of interfaces and productization of CE marked attachment. The case study on the target company was started after the literature check. The present state of the productization process of the attachments was modelled with flow model in the beginning of the case study. The present state of flow model was used to improve the productization process. After that, the managing ways of interfaces found from the literature were applied to the target company's processes.

For the result of this study, a list of suggestions for improving of the productization process of the attachments were given. The interface between attachments and loaders were documented carefully. Furthermore, multiple auxiliary tools were made for attachment designing to improve the managing of compatibilities.

**Keywords:** managing compatibilities, interface documentation, space reservation model, flow model, productization

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin Originality Check service.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty suomalaiselle pienkuormaajavalmistajalle vuoden 2020 kesän ja syksyn aikana. Olen kiitollinen yritykselle saamastani mahdollisuudesta tehdä diplomityö kiinnostavasta ja haastavasta aiheesta. Erityisesti haluan kiittää esimiestäni, joka osaltaan mahdollisti diplomityön tekemisen yrityksessä alun perin sekä hyvistä neuvoista ja ohjaamisesta työn aikana. Lisäksi haluan kiittää työkavereitani avuliaasta ilmapiiristä.

Haluan myös kiittää työn alkuperäisenä tarkastajana ollutta apulaisprofessoria Tero Juutiä työn ohjaamisesta oikeille raiteille. Varsinkin alussa saatu ohjaus oli lopputuloksen kannalta tärkeää. Kiitän myös työn lopussa ensisijaiseksi tarkastajaksi vaihtunutta Timo Lehtosta hänen antamastaan rakentavasta palautteesta.

Lisäksi haluan kiittää läheisiäni ja opiskelukavereitani opintojen aikana saamasta tuesta ja motivoimisesta. Erityiskiitoksen haluan antaa tyttöystävälleni Elenalle, joka antoi hyviä neuvoja työn suorittamisen aikana sekä jaksoi kuunnella puoli vuotta jumittanutta cd-levyä virtausmalleista ja rajapinnoista.

Tampereella, 17.12.2020

Juho Viljamaa

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
1.1 Tutkimuksen tausta .....	1
1.2 Tutkimuksen tavoite .....	2
1.3 Tutkimusongelma ja -kysymykset.....	2
1.4 Tutkimuksen rajaukset .....	3
1.5 Tutkimuksen rakenne .....	3
2. TEORIAPOHJA.....	6
2.1 Virtausajattelu Lean-filosofian mukaisesti.....	6
2.1.1 Virtausmalli .....	6
2.1.2 Lean tuotekehityksessä.....	8
2.2 Rajapintojen hallinta.....	10
2.2.1 Rajapinta .....	10
2.2.2 Tilavarausmallit.....	15
2.2.3 Muutoksen jäädytysvyöhykkeet.....	17
2.2.4 Dokumentoitu standardoitu liityntäpinta.....	17
2.2.5 Maxi-malli .....	17
2.3 CE-merkityn työlaitteen tuotteistaminen .....	18
2.3.1 CE-merkki .....	18
2.3.2 Konedirektiivi .....	19
2.3.3 Tekninen tiedosto.....	23
2.3.4 Tuotteistaminen .....	23
3. TUTKIMUSSTRATEGIA JA -MENETELMÄT .....	28
3.1 Tutkimusstrategia.....	28
3.2 Tutkimusmenetelmät.....	29
3.3 Aineiston keruumenetelmät.....	30
4. KOHDEYRITYKSEN JA TUOTERAKENTEEN POHJUSTAMINEN .....	31
4.1 Kohdeyrityksen tilanne .....	31
4.2 Työlaitteiden ja kuormaajien tuoterakenne .....	32
5. TULOKSET .....	34
5.1 Työlaitteen tuotteistamisprosessin nykytilavirtausmalli .....	34
5.1.1 Tuotteistamisprosessin virtausmallin luominen .....	34
5.1.2 Tuotteistamisprosessin kehittäminen virtausmallin pohjalta .....	36
5.2 Standardoidun rajapinnan määrittäminen.....	39
5.2.1 Etulevyjen standardointi .....	40
5.2.2 Pikakiinnityskorvakkeiden standardointi .....	42
5.2.3 Ryhmäpikaliittimen paikan vakiointi.....	44
5.3 Tilavarausmallin luominen työlaite-suunnittelua varten.....	46
5.4 Tulosten arviointi.....	50
6. YHTEENVETO.....	53
7. JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDESUOSITUKSET .....	55

LÄHTEET .....	57
LIITE A: NYKYTILAVIRTAUSMALLI .....	60

## KUVALUETTELO

<i>Kuva 1 Tutkimuksen suorittamisessa käytetty tutkimuskartta</i> .....	4
<i>Kuva 2 Esimerkki prosessin nykytila-analyysistä virtausmallilla kuvattuna (perustuu lähteeseen Lehtonen et al. 2020a)</i> .....	7
<i>Kuva 3 Tutkimuksessa löytyneiden rajapintamääritelmät havainnollistettuna kuvina (Parslov &amp; Mortensen 2015)</i> .....	11
<i>Kuva 4 Sektoreihin jako MAN-kuorma-autossa (Förg et al. 2014)</i> .....	15
<i>Kuva 5 Erilaisten layout-tapojen demonstrointi kuorma-auton sektorissa viisi (Förg et al. 2014, p. 761)</i> .....	16
<i>Kuva 6 Virallinen CE-merkintä (Konedirektiivi)</i> .....	18
<i>Kuva 7 Oxfordin sanakirjan määritelmä NPD-prosessille (Law 2016)</i> .....	25
<i>Kuva 8 Tuotteistamisprosessin kaavio havainnollistettuna palautekierroksilla (Suominen et al. 2009)</i> .....	26
<i>Kuva 9 Tapauksittaisen tutkimuksen neljä erilaista tyyppiä (Yin 2014, p. 50)</i> .....	29
<i>Kuva 10 Kuvanmukaista Faster-ryhmäpikaliitinparia käytetään hydraulikan ja sähköjen nopeaan kytkentään kuormaajan ja työlaitteen välillä (Multigrease)</i> .....	33
<i>Kuva 11 Sinisten ja mustien katkoviivallisten nuolten käyttöesimerkki</i> .....	36
<i>Kuva 12 Kuvakaappaus suunnittelijan tarkistuslistasta (työvaiheiden sisältö on sumennettu)</i> .....	39
<i>Kuva 13 Etulevyjen asemoinnissa käytetyt pinnat esitettynä valuetulevyssä. Kuvassa on merkittynä myös pikakiinnityskorvakkeisiin koskevat yläpinnat</i> .....	41
<i>Kuva 14 Yleisimmin käytetyt pikakiinnityskorvakkeet osaselitteillä</i> .....	43
<i>Kuva 15 Esimerkkikuva hydrauliletkujen ja sähköjohtojen kaapelinipun asennoista etulevyn eri asennoissa. Punaisella merkitty alue saattaa leikata kaapelinipun huonossa tapauksessa</i> .....	45
<i>Kuva 16 Löydetyt ääriasetukset, joita pidettiin järkevinä mallintaa tilavarausmallissa</i> ....	47
<i>Kuva 17 Kuormaajien neljä eri ääriasetusta. Etulevyt on kiinnitetty samaan pisteeseen. Vihreä alue näyttää, minne työlaitteen voi suunnitella ilman mekaanista yhteensopivuusongelmaa kuormaajan kanssa</i> .....	49

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

Gemba-walk	Japanilainen prosessin katselmointitapa, jossa jalkautetaan prosessin keskelle tutkimaan toimintaa
Geneerinen elementti	Moduuleista koostuva toiminnallinen kokonaisuus
Lean	Japanilainen johtamisfilosofia, jossa pyritään poistamaan hukkaa
Modulaarisuus	Rakenne, jossa on valmiiksi suunniteltuja vaihdettavia moduuleja
Moduuli	Tuotteen rakennuspalikka, jolla on tietyt rajapinnat ja tehtävät
Muutoksen jäädytysvyöhyke	Vyöhyke, joka estää muutoksien vaikutukset vyöhykkeen ulkopuolelle
Rajapinta	Kahden toisiinsa liittyvän moduulin välissä oleva suunniteltu liityntäpinta
Ryhmäpikaliitin	Liitin, joka yhdistää useita erilaisia liitoksia kerralla
Tilavarausmalli	Malli, joka kertoo muiden lähistöllä olevien moduulien tilantarpeen
Tuotearkkitehtuuri	Pitää sisällään tiedot tuotteen ominaisuuksista sekä tarvittavista geneerisistä elementeistä eri toiminnallisuuksien mahdollistamiseksi
Tuoterakenne	Pitää sisällään tuotteen osien lukumäärät sekä niiden väliset suhteet
Virtausmalli	Mallinnusmenetelmä, jossa kaiken ajatellaan kulkevan virtauksen omaisesti alusta loppuun
Yhdenmukaistettu standardi	Ohjestandardi, jota noudattamalla täytetään standardia vastaavan direktiivin asettamat vaatimukset



# 1. JOHDANTO

Tässä luvussa kerrotaan tutkimuksen taustat ja esitetään tutkimusongelma sekä -kysymykset. Lisäksi kerrotaan tutkimuksen tavoite ja tutkimuksen rajaukset. Lopuksi kerrotaan vielä tutkimusraportin rakenne.

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Tutkimuksen aiheena on työlaitteen ja kuormaajan yhteensopivuuden hallinta tuotteistamisessa. Nykyaikana yritykset ovat jatkuvasti kovassa kilpailussa keskenään tekniikan kehittämisen vuoksi. Uudet tuotantotekniikat ja maailman verkostoituminen aiheuttavat painetta valmistajille valmistustehokkuuden ja tuotteiden hintojen edullisuuden muodossa. Kilpailevien yrityksen lisäksi jatkuvasti päivittyvät lakisäädökset aiheuttavat painetta valmistajille. Esimerkiksi päästökiristykset aiheuttavat isoja kehityshaasteita polttomoottorikäyttöisien kuormaajien valmistajille. Yritysten täytyy pystyä kehittämään tehonlähteitään, jotta päästöt eivät ylittäisi niille määrättyjä rajoituksia. Mikäli päästömääräyksiin ei pystytä vastaamaan, tuotetta ei saa myydä kyseisellä päästömääräyksen alueella.

Kun tehonlähteitä joudutaan muokkaamaan, moottoria ei voida samaa käyttää kovin monessa kuormaajassa. Tämä johtaa siihen, että eri moottorilla olevia malleja tulee lisää ja kuormaajavalikoima kasvaa suureksi. Tutkimuksen kohdeyrityksessä tämä kuormaajamallien suuri kasvu sekä kuormaajiin tarjolla olevien työlaitteiden suuri määrä aiheuttaa vaikeuksia työlaitteiden ja kuormaajien yhteensopivuuksien hallinnassa.

Tämä tutkimusaihe on laajemmassa mittakaavassa ajankohtainen myös muille valmistajille. Kuluttajat haluavat jatkuvasti hienompia ja uusinta teknologiaa käyttäviä tuotteita, mutta kuitenkin vastuullisia ratkaisuja valmistajilta, kuten uusiutuvien, luonnonmukaisten sekä orgaanisten materiaalien käyttöä (Korkman & Greene 2017). Tämä aiheuttaa valmistajille ongelmia. Vanhoille tuotteille pitää kuitenkin taata varaosasaatavuus ja samaan aikaan luodaan koko ajan uusia osia uusille tuotteille. Varastot kasvavat suuriksi ja yhteensopivuuksien ylläpito on vaikeaa.

## 1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen päätavoitteena on kehittää kohdeyrityksen toimintatapoja työlaitteiden tuotteistamisprosessissa, jotta työlaitteiden ja kuormaajien yhteensopivuus hallitaan paremmin. Tavoitteeseen pyritään pääsemään määrittelemällä yhteiset toimintatavat työlaitteiden tuotteistamiselle sekä luomalla työkaluja yhteensopivuuksien varmistamiseen suunnitteluprosessin aikana.

Tällä hetkellä kohdeyrityksessä yhteensopivuuksien hallinta riippuu pääosin suunnittelijoiden henkilökohtaisesta tietotaidosta. Nykyiset kuormaajamalli- ja työlaitemallilukumäärät kuitenkin ovat jo niin isoja, ettei kaikkien yhteensopivuuksissa vaikuttavien osapuolien määrittäviä tekijöitä voi muistaa ulkoa. Yrityksen kannalta ei ole taloudellista, että jokainen suunnittelija etsii vaadittavat tiedot yhteensopivuuksiin liittyen aina uudestaan suunnitellessaan uutta työlaitetta tai kuormaajaa. Samat kattavat tiedot pitäisivät olla yhteisesti saatavilla.

## 1.3 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Kohdeyrityksessä ei olla paneuduttu tarkasti näihin yhteensopivuuksien hallintaongelmiin ennen tätä tutkimusta. Nyt siihen kuitenkin halutaan muutos, sillä yhteensopivuuden puuttellinen hallinta on aiheuttanut asiakastyytymättömyyttä sekä jonkin verran laitteiden rikkoutumisia. Tämän tutkimuksen tutkimusongelmana on, miten työlaitteen ja kuormaajan yhteensopivuuden hallintaa saadaan parannettua tuotteistamisprosessissa.

Tutkimusongelmaan haetaan ratkaisua etsimällä vastaukset tutkimuskysymyksiin.

- Mitkä ovat parhaat käytännöt yhteensopivuuden hallintaan kirjallisuudessa?
  - Mitkä ovat parhaat käytännöt suunnittelutieteissä?
  - Mitkä ovat parhaat käytännöt valmistavassa teollisuudessa?
- Mistä kaikesta työlaitteen ja kuormaajan yhteensopivuuden hallinta koostuu?
- Mitkä ovat suurimmat haasteet tällä hetkellä yhteensopivuuksien hallinnassa?
- Mitä tarpeita yhteensopivuuden hallinta aiheuttaa tuotteistamisprosessiin?
- Mitkä yhteensopivuuksien hallintakeinot sopivat parhaiten kohdeyrityksen tuotteistamisprosessiin?

Vastaukset haetaan tekemällä kirjallisuuskatsaus aihepiireistä sekä soveltamalla löydettyjä tietoja kohdeyrityksen tilanteeseen tutkimustapauksen yhteydessä. Teollisuusesimerkit kerätään haastatteluilla ja sähköpostikeskusteluilla.

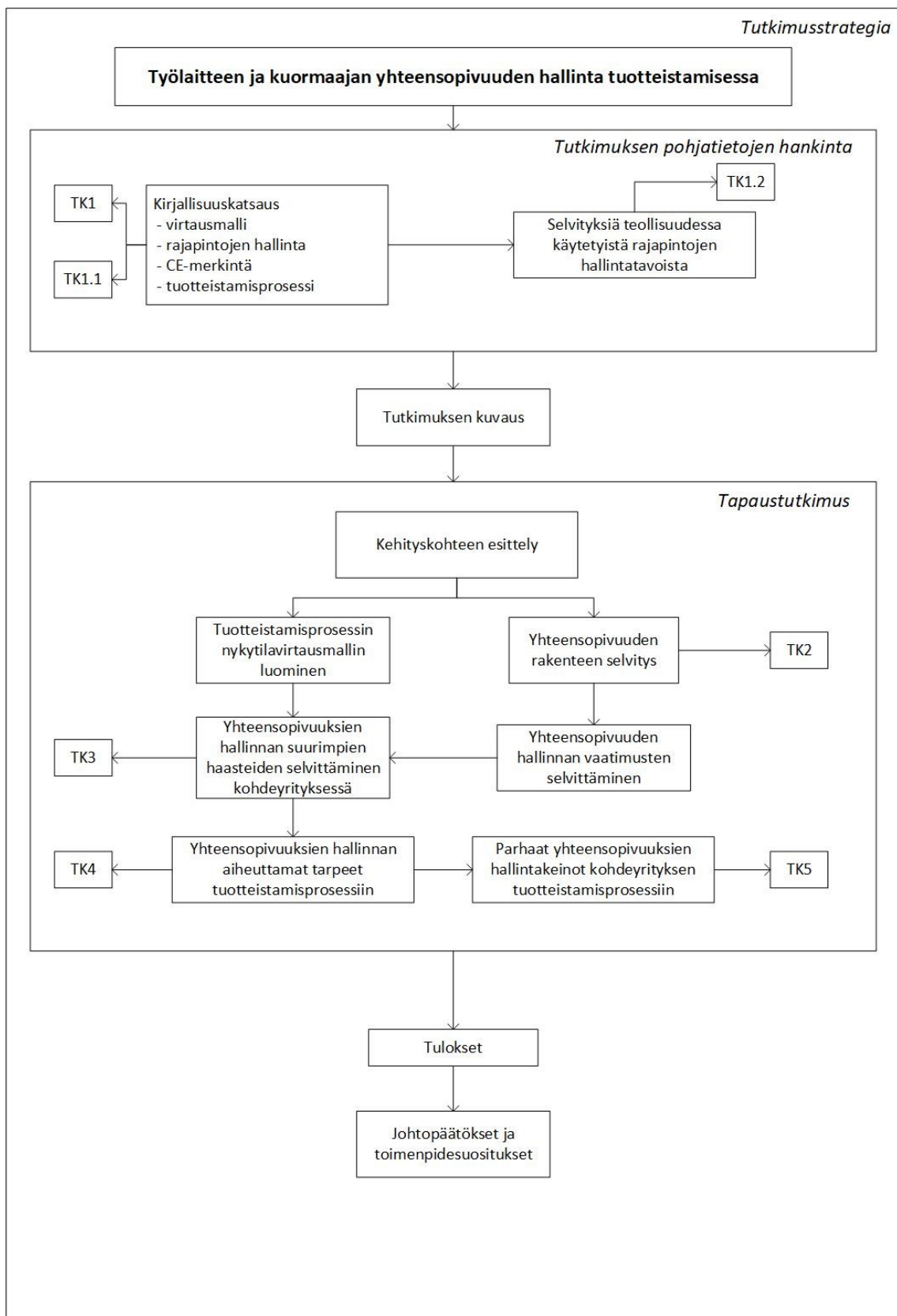
## 1.4 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimus rajataan työlaitteiden suunnitteluprosessin kehittämiseen. Tutkimuksessa kuitenkin otetaan huomioon myös kuormaajien suunnittelu, jottei se rajoittuisi liikaa työlaitteiden vaatimusten takia. Tuotteistamisprosessin osalta keskitytään osuuteen, joka alkaa tuoteidean saamisesta ja päättyy työlaitteen siirtämiseen tuotantoon. Tuotannon, markkinoinnin ja myynnin osuuksien kehittäminen jätetään tämän työn ulkopuolelle.

Lisäksi työtä rajataan siten, että työssä otetaan huomioon tavallisimmat työlaitetapaukset. Tavallisilla työlaitetapauksilla tarkoitetaan yleisimmin tapahtuvaa suunnitteluprosessia, jossa työlaite suunnitellaan kokonaan kohdeyrityksessä. Muualta ostettuja työlaitekokonaisuuksia tai ulkopuolisten suunnittelijoiden suunnittelemia työlaitteita ei tässä työssä käsitellä.

## 1.5 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen suorittamista varten on luotu tutkimuskartta, joka auttaa tutkijaa suorittamaan tutkimuksen suunnitellun mukaisesti. Alla oleva kuva 1 osoittaa, miten tutkimus suoritetaan. Tutkimus alkaa pohjatietojen keräämisellä. Tutkimuksen teoriapohja löytyy luvusta kaksi. Teoriapohja rakentuu virtausmallista, rajapintojen hallinnasta sekä CE-hyväksytyin tuotteen tuotteistamisprosessista. Pohjatietojen keräämisen jälkeen, tutkimus jäsennellään luvussa kolme. Kyseisessä luvussa kerrotaan käytettävät tutkimusstrategiat ja -menetelmät sekä aineiston keruumenetelmät.



**Kuva 1 Tutkimuksen suorittamisessa käytetty tutkimuskartta**

Luvussa neljä annetaan yleiskuva kohdeyrityksestä sekä sen tuoterakenteesta. Samalla selitetään, mistä työlaitteen ja kuormaajan yhteensopivuus koostuu kohdeyrityksen tilanteessa.

Tämän jälkeen luvussa viisi kerrotaan tapaustutkimuksen soveltavasta osuudesta. Soveltava osuus alkaa tuotteistamisprosessin nykytilavirtausmallin luomisella. Tämän jälkeen kerrotaan, miten tuotteistamisprosessia kannattaisi kehittää teoriasta löydettyjen asioiden pohjalta. Seuraavaksi samassa luvussa käsitellään työlaitteen ja kuormaajan välisen rajapinnan määrittelytoimenpiteet sekä työlaite suunnitteluun aputyökaluksi kehitetyn tilavarausmallin luomista. Luvun lopussa arvioidaan saatuja tuloksia. Luvussa kuusi on työn yhteenveto ja luvussa seitsemän esitellään johtopäätökset ja toimenpidesuosituksukset.

## 2. TEORIAPOHJA

Tutkimukselle haetaan aluksi teoriapohja tutkimuksen pääaiheista. Teoriapohjan koonti tapahtuu kirjallisuuskatsauksena. Aluksi käsitellään virtausmallia ja Lean-tuotekehitystä. Sitten kerrotaan rajapinnoista ja niiden hallintatavoista kirjallisuudesta löytynein esimerkein. Lopuksi käydään läpi CE-merkityn laitteen tuotteistamista sekä kerrotaan, millaisia velvollisuuksia laki määrää valmistajalle tuotteiden yhteensopivuuteen liittyen.

### 2.1 Virtausajattelu Lean-filosofian mukaisesti

Tässä luvussa kerrotaan virtausmallista, joka on prosessin mallinnustapa. Lisäksi kerrotaan Lean-filosofian soveltamisesta tuotekehityksessä.

#### 2.1.1 Virtausmalli

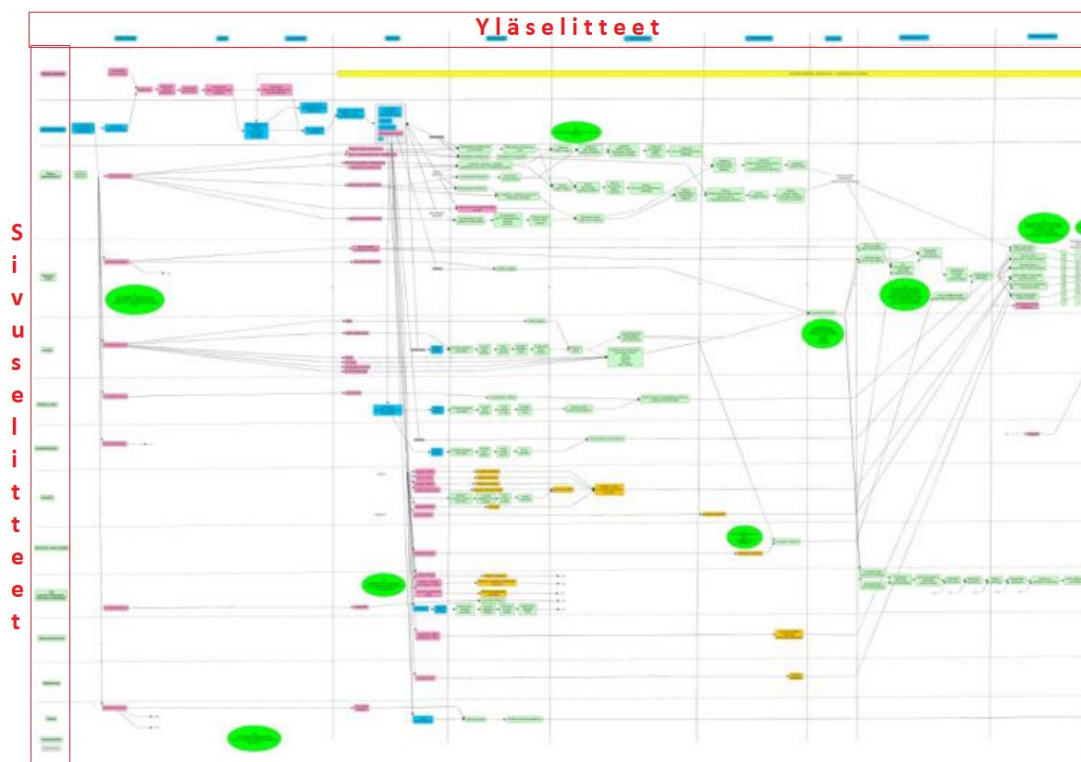
Monimutkaisien prosessien mallinnus on ollut jo pitkään ongelmallista. Kokonaisen prosessin kuvaaminen yhteen malliin on haastavaa, sillä prosessit ovat usein laajoja ja ne koostuvat useista erityyppisistä kokonaisuuksista. Myös mallinnettavia asioita on monia. Tampereen teknillinen yliopisto (nykyinen Tampereen yliopisto) on tehnyt tutkimusta tuotannon suunnittelu-prosessin mallintamisesta.

Virtausmalli on Tampereen yliopiston tutkijoiden kehittämä mallinnustapa, joka on kehitetty versio Koskelan (2000) esittämästä tuotekehityksen ja tuotannon virtausnäkökulmasta. Virtausajattelu pohjautuu japanilaiseen tuotantofilosofiaan, monozukuriin. Monozukuri koostuu kahdesta japaninkielisestä sanasta ”mono” ja ”zukuri”. Mono tarkoittaa esinettä tai asiaa ja zukuri tarkoittaa valmistamista. (Lehtonen et al. 2020a) Japanissa monozukuri tarkoittaa kä-sillä tekemisen taidon ihannointia ja niiden taitojen ylläpitämistä myös teollisessa tuotannossa (Ballé et al. 2019). Virtausmalliajattelussa kaikki toiminta on tiedon jatkuvaa virtausta. Esimerkiksi tuotekehitysprojekti voidaan pitää tietyntyyppisenä rajattuna virtana, jolla on tavoitteita ja aikatauluja. Lisäksi tuotekehitysprojekti on osa isompaa liiketoiminnan virtausta. Virtausmalliajattelu on saanut vaikutteita arvovirta-ajattelusta sekä Lean-toiminnasta. (Lehtonen et al. 2020a)

Lehtosen et al. (2012) mukaan virtausmalli koostuu neljästä eri virtaustyyppistä: tiedosta, työstä, materiaalista sekä kontrollista. Tietovirta kertoo aktiviteetit, jotka luovat, muokkaavat ja siirtävät suunnittelutietoa (Lehtonen et al. 2012, Pakkanen et al. 2012) Suunnitteludokumentit ja 3D-mallit ovat tietovirran ulostuloja. Työvirta näyttää aktiviteetit, jotka lisäävät tuotteen arvoa. Näitä aktiviteetteja ovat esimerkiksi valmistus- ja kokoonpanotyöt. Materiaalivirta

sisältää materiaalin kulkemisen prosessissa ja esimerkiksi ulkoistetut osat. Kontrollivirta sisältää aktiviteetit, joilla hallitaan ajankäyttöä ja tarkkaillaan kontrollitapahtumia. Kontrollivirta sisältää myös tiedon siitä, kuka hallinnoi ja kontrolloi elementtejä. (Lehtonen et al. 2012)

Virtausmalli koostuu eri elementeistä. Virtauselementit voivat olla tyypiltään jotakin yllä mainituista neljästä virtaustyyppistä. Virtauselementit ovat liitetty toisiinsa nuolilla, jotka osoittavat virtauksen suunnan. Nuolissa voi olla selitteitä, miten virtauselementit liittyvät toisiinsa. Pääperiaate virtausmallissa on se, että aika kulkee mallissa vasemmalta oikealle. Täten ensimmäisenä suoritettava virtauselementti sijaitsee virtausmallin vasemmassa reunassa. Puolestaan viimeisenä suoritettava toimenpide sijaitsee virtausmallin oikeassa reunassa. Kuten kuvasta 2 näkyy, virtausmallin ylä- ja sivureunassa on seliterivi tai -sarake. Yläselitteessä voidaan esittää selvyuden vuoksi osatavoitteita tai muita välietappeja. Yläselitteissä voisi olla esimerkiksi esiselvitys ja tarjouskilpailutus. Sivuselitteissä sen sijaan kerrotaan se, mille yrityksen osastolle kyseinen virtauselementti kuuluu. Esimerkiksi tarjouskilpailuun liittyvä tarjousten pyytäminen kuuluu osto-osastolle. Ylä- ja sivuselitteiden rajat merkitään pysty- ja vaakaviivoilla. (Lehtonen et al. 2020a)



**Kuva 2** Esimerkki prosessin nykytila-analyysistä virtausmallilla kuvattuna (perustuu lähteeseen Lehtonen et al. 2020a)

Virtausmallin luominen aloitetaan yleensä päättämällä, mitä virtaustyyppisiä virtausmallissa halutaan mallintaa. Muun muassa tuotannon nykytilaa kuvattaessa, virtaustyyppinä ovat usein työ- ja materiaalivirtaukset. Virtauselementtien muodostamisessa kannattaa käyttää

Gemba-walk -menetelmää. Siinä menetelmässä jalkaudutaan prosessin keskellä ja tutkitaan toimintaa mahdollisimman läheltä. Gemba-walk on yksi Lean-ajatustavan viidestä pääkohdasta. Gemba-walk -toiminnan suorittamisen aikana pyritään löytämään hukkaa aiheuttavia tekijöitä prosessista. (Lehtonen et al. 2020a)

Virtauselementtien kirjaaminen kannattaa aloittaa prosessin lopusta. Myös Gemba-walk kannattaa aloittaa prosessin lopusta virtausmallia luodessa. Ensimmäiseksi virtauselementiksi merkitään prosessin viimeinen tieto-, työ-, materiaali- tai kontrollielementti. Seuraavaksi merkitään juuri ennen edellistä elementtiä suoritettava elementti. Mikäli juuri ennen viimeistä elementtiä suoritetaan useampia rinnakkaisia elementtejä, merkitään ne rinnakkain ja liitetään viimeiseen elementtiin nuolilla. Seuraavaksi kuljetaan lisää taaksepäin ja kirjataan elementtejä, kunnes ollaan alkupisteessä. Tämän toiminnan seurauksena pitäisi olla syntynyt nykytilavirtausmalli, jossa jokainen elementti liittyy johonkin toiseen elementtiin. Virtausmallilla saa olla vain yksi alku- ja loppupiste. Mikäli virtausmallin keskellä on päättävä ketju, on sen ketjun elementit turhia lopputuloksen kannalta. Lopputulokseen päästään ilman niitäkin, jolloin ne ovat hukkaa. (Lehtonen et al. 2020a) Pakkanen et al. (2012) sen sijaan sanoo maltillisemmin, että päättävän ketjun elementtien tärkeys voidaan kyseenalaistaa.

Virtausmallia vastaavia projektin suunnittelumalleja on olemassa monia. Yleisimpinä malleja ovat vesiputousmalli ja porttimalli. Molemmissa malleissa peruseriaate on se, että projekti etenee lineaarisesti vaiheesta toiseen. Seuraava vaihe voidaan aloittaa vasta, kun edellinen vaihe on täysin valmis. Tämän vuoksi porttimallin mukaan edetessä ei voida aloittaa tehtäviä niin aikaisin kuin olisi mahdollista, mikäli seuraava työtehtävä on seuraavan vaiheen puolella. Virtausmallin etuna on se, että seuraava työtehtävä voidaan aina aloittaa heti, kun juuri sitä edeltävät työtehtävät ovat valmiita. Rinnakkaiset työtehtävät eivät siis hidasta tai rajoita muita työtehtäviä. (Lehtonen et al. 2020a)

### **2.1.2 Lean tuotekehityksessä**

Virtausmalli perustuu Lean-filosofiaan, joten on luontevaa selittää myös sitä. Lean-toiminta on lähtenyt alun perin liikkeelle japanilaisista tuotantolaitoksista. Lean-toiminnan perusta on jatkuva parantaminen ja virtaava tuotanto. Lean-ajattelutavassa parantaminen ja kehittäminen ovat koko tuotantoketjulle kuuluva asia. Jokaista linjastolla ja toimistolla työskentelevää henkilöä kannustetaan kiinnittämään huomiota pieniin epäjohtonmukaisuuksiin tai huonoihin toimintatapoihin ja keksimään niihin yksinkertaisia ratkaisuja työskentelyn ohella. Esimerkkinä yksinkertaisesta ratkaisusta on kaapelien merkitseminen sekä lyhyen ohjeen tekeminen neu-



vottelutilan ison näytön ja tietokoneen yhdistämiseen. (Mäenpää 2018) Mäenpään (2018) painottama erityinen huomio on se, kuinka paljon työympäristö tulee muuttumaan vuosien kuluessa, kun jokainen työntekijä tekee viikoittain pieniä parannuksia.

Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan olla tekemisissä tuotannon kanssa, joten keskitytään siihen, miten Lean-filosofian voisi tuoda tuotekehitysympäristöön. Tuotannon ja tuotekehityksen tarkoitukset eroavat toisistaan. Yleensä tuotannossa toistetaan jatkuvasti samaa toimenpidettä. Tuotekehityksessä sen sijaan pyritään luomaan tietoa ja uusia tuotteita. Tuotannon ja tuotekehityksen eroavaisuuksien myötä myös hukkan lähteet ovat hyvin erilaisia. Tuotannossa hukkaa aiheuttavat muun muassa tavaroiden siirto ja odottelu. Tuotekehityksessä merkittävin hukka on tiedon hukkaaminen. Tiedonhukka voidaan jaotella kolmeen eri kategoriaan: tiedon hajontaan, vastuun siirtämiseen ja toiveikkaaseen ajatteluun. Mikäli suunnittelussa luotua tietoa ei käsitellä ja tallenneta systemaattisesti, vaan sen toivotaan kulkeutuvan oikeille henkilöille ajan myötä, on tiedon uudelleen etsiminen lähes mahdotonta. Kaikkea tietoa ei kuitenkaan välttämättä kannata tallentaa, sillä oleellista tietoa on vaikea löytää suuresta tietomäärästä varsinkin, jos tietojärjestelmä on lähtökohtaisesti huono. Tämän vuoksi on tärkeä luoda yhtenäiset tavat käsitellä tietoa sekä panostaa tietojärjestelmien toimintaan. (Ward 2007)

Reinertsen & Shaeffer (2005) kertovat tuotannon ja tuotekehityksen välillä olevan kolme merkittävää eroavaisuutta, joiden huomioiminen auttaa Lean-periaatteiden käyttöönotossa tuotekehitykseen. Ensimmäinen esille nostettu ero on toistuvat prosessit. Tuotannossa vaihtelevuus toistuvissa prosesseissa on huono asia. Tuotekehityksessä hyvänlaatuinen vaihtelevuus sen sijaan luo arvoa. Toinen merkittävä ero on tuotannon ja tuotekehityksen tuotoksen ero. Tuotannossa luodaan fyysinen tuote, joka voi olla vain yhdessä paikassa kerrallaan. Tuotekehityksessä sen sijaan luodaan tietoa, jonka voi jakaa useaan eri paikkaan samanaikaisesti. Tuotanto on siis ketju peräkkäisiä tehtäviä. Tuotekehityksessä tuotosta, eli tietoa, sen sijaan voidaan käsitellä rinnakkain useassa eri pisteessä. Kolmas ero on tiukan rajan puuttuminen tuotekehityksestä. Tuotannossa on tietty alkutilanne ja määritetty lopputilanne. Tuotekehityksessä sen sijaan täytyy miettiä koko ajan, onko jatkokehittäminen edelleen taloudellisesti järkevää. Tuotekehityksessä lopputilanne muuttuu prosessin edetessä uuden tiedon pohjalta. (Reinertsen & Shaeffer 2005)

Virtauksen ylläpitoon ja kehittämiseen liittyen Reinertsen & Shaeffer (2005) suosittelevat soveltamaan seuraavat Lean-periaatteet tuotekehitykseen: ”Keskity virtauksen ylläpitoon erinomaisen suunnittelun sijasta”, ”Vedä, älä työnnä”, ”Investoi joustavuuteen”. Reinertsen & Shaeffer (2005) vertaavat tuotekehitysprojektia sumuiseksi tieksi. Sumussa kuljettavaa reittiä ei voida suunnitella kokonaan heti alkupisteessä, sillä koko reittiä ei nähdä. Virtausajattelun mukaisesti sen sijaan voidaan aloittaa kulkemalla se matka, mitä nähdään aluksi. Tämän jälkeen suunnitellaan seuraavaksi kuljettava reitti ottamalla huomioon uudet nähdyt alueet.

Suunnittelussa tämä tarkoittaa pienen suunnittelukokonaisuuden tekemistä kerralla. Seuraavaksi otetaan huomioon suunnittelun aikana ilmi tulleet asiat ja suunnitellaan seuraava etappi niiden mukaisesti. Lean-periaatteiden mukaan eräkoot, tässä tapauksessa etapit, pitäisi pitää pieninä, jotta kasaantunut tieto saadaan nopeammin jaettua muille ja tiedonvirtaus pysyy tasaisena. (Reinertsen & Shaeffer 2005)

Periaate ”Vedä, älä työnnä” liittyy resurssien käyttämiseen. Perinteisessä tuotekehityksessä resurssien käyttö on suunniteltu pitkälle etukäteen. Osakeyhtiön suunnitelmat määrittelevät tuotestrategiat. Tuotestrategiat sen sijaan määrittelevät eteenpäin yhä pienempien ja pienempien kokonaisuuksien suunnitelmia ja lopulta yksityiskohtaisesti resurssien allokointia. Lean-periaatteen mukaisesti resursseja pitäisi ohjata vetämällä. Jos johonkin tehtävään alkaa kertyä jonottavia asioita, siirretään sopivia henkilöitä tukemaan tätä tehtävää, jolloin jonot pienevät ja virtaus pysyy yllä. Vetoperiaatteen mukaisesti toimiessa resurssit ohjataan paikkoihin, missä niitä kulloinkin tarvitaan. (Reinertsen & Shaeffer 2005)

Kolmas mainittu periaate, ”Investoi joustavuuteen”, liittyy hieman edellä mainittuun resurssien imuohjaukseen. Panostamalla positiiviseen työympäristöön, jossa ihmiset uskaltavat ottaa riskejä sekä ottaa vastuulleen oman erikoistumisensa ulkopuolella olevia tehtäviä, pystytään ruuhkautuvia työtehtäviä auttamaan joustavammin. Tässä tarkoituksena ei kuitenkaan ole luoda täysin vaihtokelpoisia tai toistensa veroisia työntekijöitä vaan jo yksinkertaisten työtehtävien tekeminen ruuhkautuneen asiantuntijan puolesta auttaa virtauksen ylläpitämisessä. Työnantaja voi parantaa yrityksen sisäistä joustavuutta esimerkiksi bonuksien avulla. (Reinertsen & Shaeffer 2005)

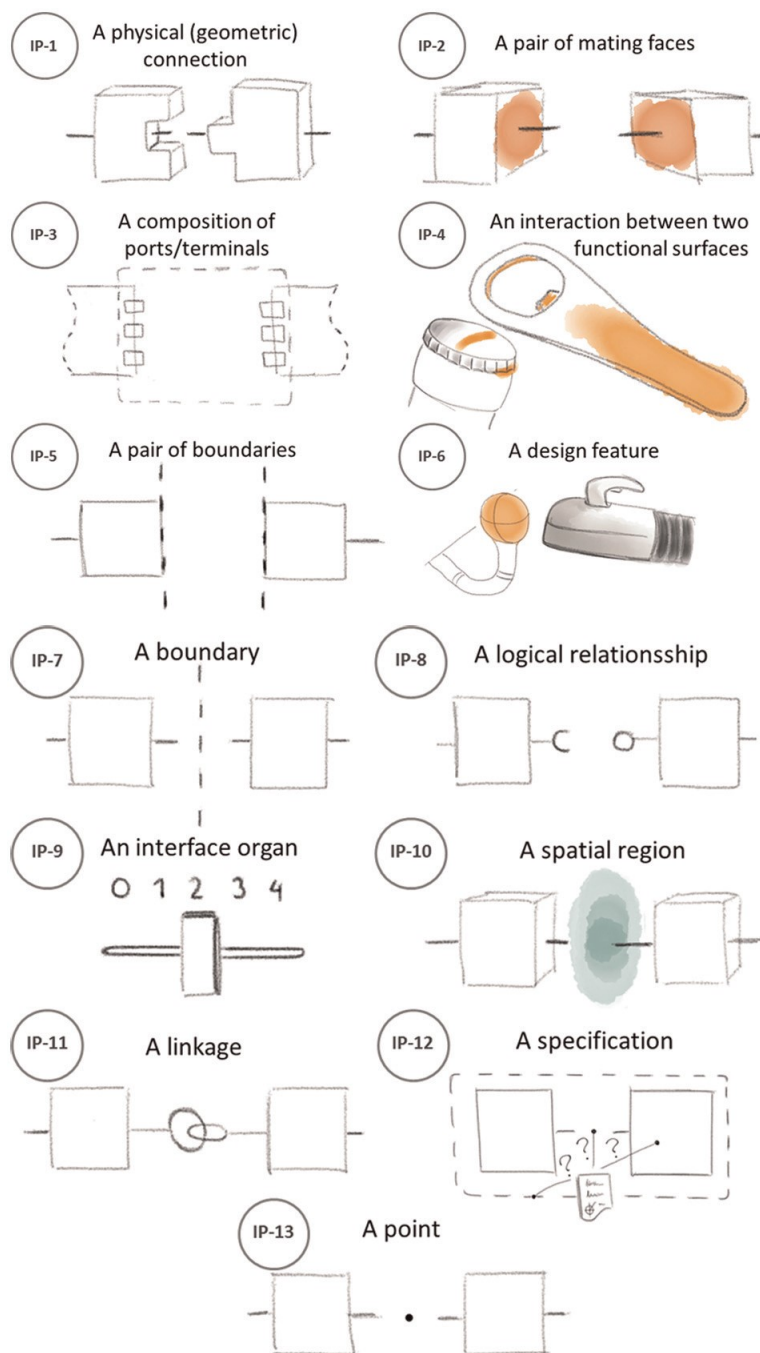
## **2.2 Rajapintojen hallinta**

Tässä luvussa kerrotaan erilaisia rajapintojen hallintatapoja. Kirjallisuudessa on melko vähän teorioita rajapintojen hallintaan. Muutamia rajapintojen hallintakäytäntöjä kuitenkin on saatavilla.

### **2.2.1 Rajapinta**

Rajapinta on hyvin yleisesti käytetty termi suunnittelutieteissä. Termin rajapinta määritelmä on kuitenkin erilainen eri tieteenaloilla. Tietotekniikassa rajapinnalla voidaan tarkoittaa esimerkiksi kahden eri tietojärjestelmän integraatiopintaa. Mekatroniikassa rajapinnassa sen sijaan täytyy huomioida mekaniikka, hydraulikka ja sähkötekniikka.

Vaikka termiä rajapinta käytetään erittäin paljon, tarkkaa määritelmää sille ei ole luotu. Parslov ja Mortensen (2015) tekivät kirjallisuusselvityksen rajapintatermin käytöstä. He löysivät 13 erilaista näkemystä rajapinnalle. Kuvassa 3 on esitettyinä havainnollistavat piirroksia löydetyistä näkemyksistä. Parslov ja Mortensen (2015) painottavat, että piirroksia ovat heidän oma tulokintansa erilaisista rajapintanäkemyksistä. Suurin osa kuvan 3 piirroksista ovat metaforisia, eikä tutkimuksen tekijä ole halunnut esittää liian tarkkoja esimerkkejä tapauksista. (Parslov & Mortensen 2015)



**Kuva 3** Tutkimuksessa löytyneiden rajapintamääritelmät havainnollistettuna kuvina (Parslov & Mortensen 2015)

Parslov ja Mortensen (2015) jakavat rajapintanäkemykset kahteen eri luokkaan. Ensimmäisessä luokassa (IP-1 – IP-6) rajapinnan ajatellaan olevan osa elementtejä. Toisessa luokassa (IP-7 – IP-13) rajapintaa ajatellaan suunnitteluobjektina, joka suunnitellaan ja sitä kontrolloidaan erikseen. Ensimmäisen luokan kohdalla rajapinta suunnitellaan osana elementtejä, joissa rajapinta on sulautuneena. Toisessa luokassa rajapinta suunnitellaan täysin irrallaan elementeistä ja rajapinnan ajatellaan olevan symmetrinen itsenäinen kokonaisuus elementtien välissä. (Parslov & Mortensen 2015)

Lisäksi tutkimuksessa huomattiin, että rajapinnassa vaikuttavien elementtien nimeäminen ja kaantui kolmeen eri nimeämistyyliin. Taulukossa 1 on esitetty käytetyt kirjallisuuslähteet sekä niiden nimeämistyyli. Kirjallisuuslähteet ovat taulukossa jaettuna vaakasuuntaisiin riveihin nimeämistyylien mukaan. Ylimpänä on systeemipohjainen tyyli. Sen alla ovat toiminta- sekä rakennepohjaiset tyylit. Systeemipohjaisessa tyyliässä elementit nimettiin systeemeihin, alisysteemeihin, elementteihin sekä kokonaisuuksiin ja esineisiin. Toimintapohjaisessa nimeämisessä elementit nimettiin toimintapinnan, toiminnoiden ja toiminnallisten yksiköiden sekä alueiden mukaan. Rakennepohjaisessa nimeämisessä elementit nimettiin moduulien, komponenttien, osien ja runkojen mukaan. Muissa lajittelemattomissa tapauksissa elementtejä nimettiin alueiden, ryhmien ja elementtien mukaan. (Parslov & Mortensen 2015)

Yleisin nimeämistapa näyttää olevan systeemipohjainen nimeäminen. 12 eri kirjallisuuslähettä nimesivät elementit systeemeiksi. Yleisin rajapintanäkemys on IP-7, eli rajapinta on suunnitteluobjekti, joka koostuu rajasta, raja-alueesta tai tietystä tasosta. Kahdeksassa eri kirjallisuuslähteessä rajapinta oli määritelty näin. (Parslov & Mortensen 2015)

**Taulukko 1** Rajapintojen määritelmät ja niiden luokittelut (Parslov & Mortensen 2015)

Perceptions of an interface		Design object												
Part of element		Design object												
Physical		Design object												
Dual viewset (physical or functional)		Design object												
A physical (geometric) connection		Design object												
A pair of mating faces		Design object												
A composition of ports/terminals		Design object												
An interaction between two functional surfaces		Design object												
A pair of boundaries		Design object												
A design feature		Design object												
A boundary/area/a plane		Design object												
A logical relationship		Design object												
An interface organ		Design object												
A spatial region		Design object												
A linkage		Design object												
A specification		Design object												
A point		Design object												
	Naming of elements	IP-1	IP-2	IP-3	IP-4	IP-5	IP-6	IP-7	IP-8	IP-9	IP-10	IP-11	IP-12	IP-13
Systems language	Systems/subsystems/elements/entities/items	Sellgren and Andersson (1998); Blackenfelt and Sellgren (2000)	Sellgren and Grady (1994)	Sellgren and Andersson (1998)	Rahmani and Thomson (2012)	Rahmani and Thomson (2012)	Lalli, Kastner and Hartt (1997)	Kapurch (2007); United States Department of Defense (2000, 2008); Liang and Paredis (2004); Grady (1994)	Rahmani and Thomson (2012)			Mikkola (2001)		Ullman (1992)
Function language	Functional surface/functions/functional units/area/functional area				Sellgren and Andersson (1998)		Lalli, Kastner and Hartt (1997)	Kapurch (2007); ISO/IEC 2382-1:1993 (1993)		Buur (1990)				
Structural language	Modules	Lam and Shankar (1994)	Blackenfelt (2001)		Scalice, Andrade and Forcellini (2008)	Miller and Elgard (1998)						Mikkola JH (2001)	Baldwin and Clark (2000); Hoffman (1990)	
	Components/parts/body	Ulrich (1995); Prasad (1997)	Sellgren and Andersson (1998)	Liang and Paredis (2004)	Scalice, Andrade and Forcellini (2008)							Van Wie, Greer, Campbell, Clarkson et al. (2001) (2004)	Jarratt, Eckert and Clarkson (2004)	
Misc	Regions/groups Environment	Lam and Shankar AU (1994)												Ullman (1992)
	[No mentioning of element]							United States Department of Defense (2001)					Prasad (1997)	

Tutkimus todistaa, että rajapinta-termi on hyvin yleisesti käytetty insinöörien keskuudessa. Tämän vuoksi tutkijat ovat huomanneet, että termin merkitystä aliarvioidaan ja sen merkitys vaihtelee ihmisten omien taustojen mukaan. Termin yleinen käyttö sekä epätarkka määritelmä saattavat johtaa väärinkäsityksiin. (Parslov & Mortensen 2015)

Miten rajapintoja kuuluisi määrittää? Pakkanen et al. (2019) esittivät yhden tavan lähestyä rajapintojen määrittämistä modulaarisen rakenteen suunnitteluvaiheessa. He esittivät tukikysymyksiä, joihin vastaaminen tukee modulaarisen systeemin rakentamista. Kysymyksiä on kahdenlaisia. Ensimmäisen tyyppin kysymykset viittaavat olemassa olevaan tai puuttuvaan tietoon. Toisen tyyppin kysymykset viittaavat rajapintojen kanssa havaittaviin ongelmiin. Ensimmäisen tyyppin kysymykset ovat (Pakkanen et al. 2019):

”Miksi nämä rajapinnat ovat olemassa?”

”Mitä rajapintoja tarvitaan?”

”Miten rajapinnat ovat toteutettu?”

Toisen tyyppin kysymykset ovat (Pakkanen et al. 2019):

”Miten rajapinnat ovat valittu?”

”Miten rajapinnat ovat suunniteltu?”

”Missä rajapintojen dokumentointi hallitaan?”

”Miten rajapintojen elinkaaret hallitaan?”

Vastaamalla huolellisesti näihin kysymyksiin, saadaan parempi käsitys, millaisia rajapintoja modulaarisessa tuoterakenteessa todellisuudessa tarvitaan.

Rajapintatyyppejä on useampia, kuten jo aiemmin on mainittu. Tässä tutkimuksessa keskitytään pelkästään fyysisiin rajapintoihin, eikä käydä läpi tietotekniikassa esiintyviä rajapintoja. Favi & Germani (2012) ovat jakaneet fyysiset rajapinnat viiteen eri tyyppiin tärkeysjärjestyksessä:

- 1.-2. optinen ja magneettinen
3. mekaaninen voimansiirto ja liike
4. mekaaninen kontakti
5. sähköinen

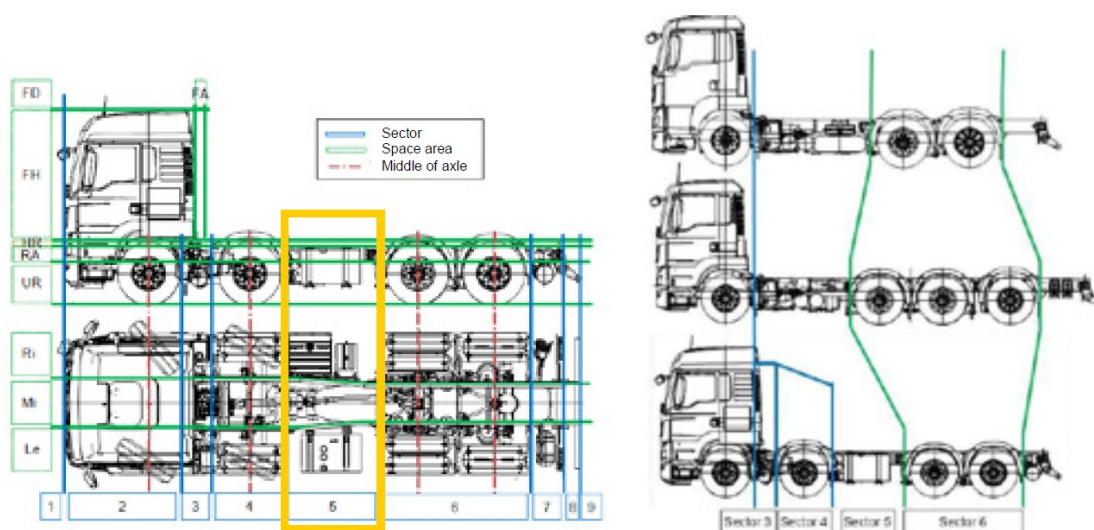
He perustelevat tärkeysjärjestyttä rajapintatyyppin kautta välittyvillä toiminnallisuuksilla sekä ominaisuuksilla. Valmiissa tuotteessa rajapintojen kautta välittyvien toimintojen täytyy toimia

varmasti. Optisen rajapinnan kautta kulkee valoa, joten liitoksen pitää olla suora. Magneettinen rajapinta sen sijaan ei toimi, jos moduulien välimatka on liian suuri. Siksi nämä kaksi rajapintatyyppiä ovat tärkeimpiä. Vaikka mekaanisten rajapintojen moduulien on oltava yhteydessä toisiinsa, voidaan ne kytkeä toisiinsa myös kauempaa välityselementtien avulla. Parempien muokattavuuksiensa vuoksi, ne eivät ole yhtä suuren prioriteetin rajapintoja kuin optiset ja magneettiset rajapinnat. Tärkeysjärjestyksessä viimeisimpänä ovat sähköiset rajapinnat. Sähkön ja sähköisten signaalien siirtäminen tapahtuu usein johtoja pitkin, jolloin rajapinnan fyysinen sijainti on helpommin siirrettävissä. (Favi & Germani 2012).

## 2.2.2 Tilavarausmallit

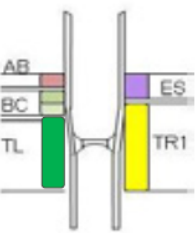
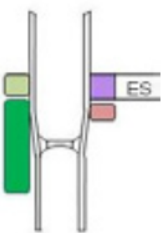
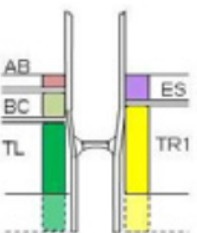
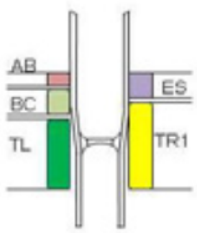
Tilavarausmalli on yksi tapa hallita rajapintoja ja yhteensopivuuksia. Tilavaraustavassa suunniteltavasta kokonaisuudesta varataan tietyille komponenteille tai moduuleille omat paikkansa. Varatuille paikoille saa sijoittaa vain ne komponentit, mitkä sinne on suunniteltu laitettavan. Tilavarausmalli auttaa varsinkin modulaaristen tuotteiden suunnittelussa, sillä silloin komponenttien tai moduulien päällekkäisyyksiä ei pitäisi tapahtua. Tilavaraukset dokumentoidaan joko 3D-malliin tai useampaan 2D-kuvantoon. (Lehtonen et al. 2020b)

Valitettavasti tilavarausmalleista ei vielä löydy laajasti kirjallisuuslähteitä. MAN-yrityksen tilavarausmallista on kuitenkin tehty muutamia julkaisuja. MAN valmistaa modulaarisia kuorma-autoja todella moniin eri käyttötarkoituksiin. MAN ajoneuvojen käyttösegmenttejä ovat muun muassa kaukoliikenne, maa- ja metsätalous sekä pelastuslaitokset (MAN 2020). MAN-yrityksessä kuorma-auto on jaettu useisiin eri sektoreihin. Sektoreihin jako näkyy kuvassa 4. Siinä sektoreihin ovat eriteltynä auton pituussuunnassa muun muassa ohjaamo, etuakselisto, etu- ja taka-akseliston välinen tila ja taka-akselisto. (Förg et al. 2014)



**Kuva 4** Sektoreihin jako MAN-kuorma-autossa (Förg et al. 2014)

Sektorit on muodostettu sen takia, että niiden avulla voidaan standardoida komponenttien sijoittelu koko kuorma-autossa. Jokaiselle sektorille on määritetty tietyt komponentit, jotka sinne saa sijoittaa. Tällaisiin sektoreihin jakaminen auttaa jo suunnitteluprosessin alkuvaiheessa sektorivarianttien analysointia ja komponenttilayouttien suunnittelua. Förg et al. (2014) demonstroivat erilaisten layout-tapojen käyttämistä sektorille viisi, etu- ja taka-akselistojen väliin, kuvan 5 mukaisesti. Sektorille kuuluvat komponentit AdBlue-säiliö, akkutiline, pakokaasujärjestelmä sekä vasemman ja oikean puolen polttoainesäiliöt. Kuvassa 5 on esiteltyä neljä layout-tapaa. Layout-tavat ovat toiminnallinen, joustava, osittain joustava ja jäykkä. (Förg et al. 2014)

(A) functional	(B) flexible	(C) partly-flexible	(D) non-flexible	
AdBlue Tank	Battery container	Exhaust system	Fuel tank left	Fuel tank right
				
Components are placed inside of predefined functional spaces (maximum limits).	Positioning of only a subset of components is defined fix per layout.	Predefined installation spaces expand flexibly depending on the wheel base.	Positioning of all components is defined fix per layout.	

**Kuva 5 Erilaisten layout-tapojen demonstrointi kuorma-auton sektorissa viisi (Förg et al. 2014, p. 761)**

Toiminnallinen layout-tapa tarkoittaa sitä, että komponentit asetetaan etukäteen päätetyille toiminnallisille alueille. Toiminnallisessa asettelutavassa määritetyt alueet ovat kuitenkin vain ääriarajat. Mikäli asetettava komponentti onkin pienempi kuin koko alue, voi layout-tavassa olla paljon vaihtelua. Joustavassa tavassa vain osa komponenteista asetetaan kiinteästi. Muiden komponenttien paikat voivat vaihdella, joten tässä tavassa on paljon vaihtelua. Osittain joustavassa tavassa etukäteen päätetyt asennusalueet voivat laajeta jonkin toisen sektorin muutosten mukaan. Esimerkkinä on käytetty taka-akseliston siirtymistä taaksepäin. Tällöin akselistöjen väliin voidaan asentaa isommat polttoainesäiliöt. Jäykkä tapa on Förgin et al. (2014) mielestä paras layout-tapa modulaarisessa MAN kuorma-autossa. He perustelevat sitä sillä, että yksittäisten komponenttien muutoksien vaikutusten läpinäkyvyys on hyvä. Koska komponentit ovat jäykästi sijoitettuina sektorille, pystytään komponenteissa tapahtuvien muutosten vaikutukset havainnoida etukäteen. Asettelutavasta voidaan myös määrittää tarkat yleiset sekä asennusmitat. (Förg et al. 2014)



### 2.2.3 Muutoksen jäädytysvyöhykkeet

Muutoksen jäädytysvyöhykkeet erottavat muuttuvat moduulit toisistaan. Moduulien välille suunnitellaan alue, joiden yli ei tapahdu muutoksia. Koska moduulien muutokset eivät vaikuta suoraan toisiinsa, vaan pelkästään välissä olevaan muutoksen jäädytysvyöhykkeeseen, rajapinnan hallinta on helpompaa. (Lehtonen et al. 2020b)

Luennolla Lehtonen et al. (2020b) esitteli Holmqvistin (2004) näkemyksen muutosten pysäytysvyöhykkeistä. Lehtosen et al. (2020b) mukaan Holmqvistin (2004) väitöskirjassa esimerkkinä oli käytetty erään kuorma-auton alustaa. Siinä alusta oli jaettu useisiin lohkoihin, jotka olivat erotettuna toisistaan muutosten pysäytysalueina. Toisessa lohossa tehdyt muutokset eivät siis voineet vahingossa vaikuttaa johonkin toiseen lohkoon. (Lehtonen et al. 2020b)

### 2.2.4 Dokumentoitu standardoitu liityntäpinta

Yleisin rajapintojen hallintatapa on dokumentoitu standardoitu liityntäpinta. Tälle rajapinnan hallintatavalle ominaista on määrittää tarkasti liityntäpinta ja pitää se vakiona. Tällöin kaikki moduulit, joilla on liityntäpinnan määritelmien mukainen rajapinta, pystyvät vuorovaikuttamaan toisiinsa rajapinnan yli. (Lehtonen et al. 2020b)

Standardoidun liityntäpinnan haittoina ovat liityntäpinnan jäykkyys ja ylläpito. Mikäli tällaisia rajapintoja on paljon tuoterakenteessa, niiden ylläpitäminen on raskasta. Myös muutosten suorittaminen rajapinnoille on haastavaa, sillä muutokset tulevat vaikuttamaan kaikkiin rajapinnassa vaikuttaviin moduuleihinkin. (Lehtonen et al. 2020b)

### 2.2.5 Maxi-malli

Maxi-malli on 3D-malli, josta voidaan katsoa, missä muiden moduulien äärirajat kulkevat. Maxi-malli koostuu kaikista rajapinta-alueella vaikuttavista moduuleista. Kaikkien vaikuttavien moduulien uloimmat pinnat ovat sisällytetty malliin. Kun kaikkien moduulien pinnat ovat näkyvissä, voidaan sieltä erottaa vapaata tilaa jollekin uudelle moduulille. (Lehtonen et al. 2020b) Maxi-malli toimii myös komponenttien sijoittelussa, eikä pelkästään moduulien. Komponenttien sijoittelua varten malliin laitetaan näkyviin kaikki muut mahdolliset komponentit ja katsotaan, minne uuden sijoiteltavan komponentin voi sijoittaa.

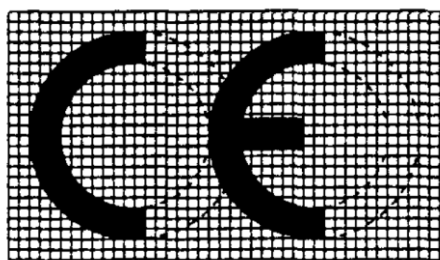
Maxi-mallin haittana pidetään vaikeaa luettavuutta. Maxi-mallin tulkitsemisessa tarvitaan huolellisuutta ja kokemusta suunnittelusta, jotta mallista pystytään erottamaan tyhjä tila tai rajapintojen muutokset. Maxi-malli on kuitenkin huono uuden modulaarisen tuotteen suunnittelussa, sillä siinä ei voida huomioida tulevia moduuleita. (Lehtonen et al. 2020b)

## 2.3 CE-merkityn työlaitteen tuotteistaminen

Tässä luvussa kerrotaan CE-merkinnästä, sen hankkimisesta tuotteeseen sekä sen tuomia etuja. Lisäksi luvussa kerrotaan tuotteistamisesta sekä sen hyödyistä ja haitoista. CE-merkityn työlaitteen tarkempi läpikäyminen tässä tutkimuksessa on tärkeää, sillä kohdeyritys valmistaa ainoastaan CE-merkittyjä työlaitteita. CE-merkityllä laitteella on tietyt lainmukaiset vaatimukset, joiden pitää täytyä. Nämä vaatimukset kerrotaan seuraavaksi.

### 2.3.1 CE-merkki

CE-merkintä tarkoittaa sitä, että valmistaja on vakuuttanut tuotteen olevan ilmoittamiensa EU-direktiivien ja standardien mukainen. CE-merkillä valmistaja ilmoittaa, että tuote täyttää EU-alueen turvallisuus-, terveys- ja luonnonsuojeluvaatimukset. Tuotteen laadukkuutta CE-merkintä ei kuitenkaan takaa. CE-merkityn tuotteen kanssa on sallittua käydä vapaasti kauppaa Euroopan sisämarkkinoilla. CE-merkintä tukee tasavertaista kilpailua Euroopan alueella yhteensä sääntöjen vuoksi. Joillekin tuotteille CE-merkinnän hankkiminen on pakollista. (CE marking) Koska CE-merkintä on yrityksen antama vastuuvakuutus, se on mahdollista saada melko helposti. Direktiivissä on määritetty tietyt tuotetyypit, jotka täytyy tarkastuttaa riippumattoman tarkastajan toimesta. Riippumattoman toimijan tekemä tyyppitarkastus vaaditaan muun muassa kotitalouden kaasulaitteilta ja osalta henkilönsuojaimista. Virallinen CE-merkintä näkyy kuvassa 6. (Tukes 2020) Tuotteisiin ei ole sallittua laittaa viralliseen CE-merkintään sekoitettavaa kirjainyhdistelmää (Konedirektiivi).



**Kuva 6 Virallinen CE-merkintä (Konedirektiivi)**

CE-merkinnän hankinta on 6-vaiheinen operaatio. Jotta valmistaja saa kiinnittää CE-merkin tuotteeseensa, on sen tehtävä seuraavat toimenpiteet (Manufacturers):

1. Tunnistaa tuotteeseen sovellettavat direktiivit ja yhdenmukaistetut standardit
2. Tarkistaa tuotteen erikoisvaatimukset
3. Tarkistaa, vaatiiko kyseinen tuote riippumattoman toimijan tyyppitarkastuksen

4. Testata tuote ja varmistaa sen säännönmukaisuus
5. Luoda ja ylläpitää vaaditut tekniset dokumentaatiot tuotteesta
6. Lisätä CE-merkki ja laatia EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus

CE-merkinnän tuotteisiin vaativia sovellettavia direktiivejä on kymmeniä. Niitä ovat muun muassa pienjännitedirektiivi 2014/35/EU ja lääkinnällisten laitteiden direktiivi 93/42/EEC (EU CE marking Directives). Seuraavissa luvuissa kerrotaan tarkemmin, mitkä ovat vaikuttavat direktiivit ja standardit koneiden suunnittelussa. Lisäksi kerrotaan, mitä eri dokumentit ja tarkastukset pitävät sisällään.

### 2.3.2 Konedirektiivi

Kuormaajien ja työlaitteiden suunnittelussa vaikuttaa konedirektiivi ja monia siihen perustuvia standardeja. Konedirektiiviksi kutsutaan EU-direktiiviä 2006/42/EC (suomenkielinen versio 2006/42/EY). Direktiivin tarkoituksena on harmonisoida EU/ETA-alueella markkinoille tulevien koneiden säädöksiä. Suomessa direktiivi on asetettu voimaan koneasetuksella 400/2008. Konedirektiivi koskee kaikkia koneita ja koneisiin kiinnitettäviä laitteita sekä myös turvakomponentteja ja osittain valmiita koneita. (Rapinoja 2019)

Konedirektiiviin liittyviä turvallisuusstandardeja eli yhdenmukaistettuja standardeja on kolmea eri tyyppiä. Tyypit ovat nimetty A-, B- ja C-tyypeiksi. A-tyypin standardit ovat turvallisuuden perusstandardeja. A-tyypin standardi esimerkiksi määrittelee koneturvallisuuden saavuttamiseksi yleiset suunnitteluperiaatteet, riskien arvioinnin ja riskien pienentämisen. Kuormaajiin liittyvä A-tyypin standardi on SFS-EN ISO 12100. A-tyypin standardit löytyvät käsikirjasta SFS 100-1. B-tyypin standardit ovat turvallisuuden ryhmästandardeja. B-tyypin standardi voi esimerkiksi keskittyä päästöjen hallintaan ja mittaukseen tai ohjausjärjestelmiin. C-tyypin standardit ovat tarkimpia standardeja ja niissä kerrotaan yksityiskohtaisimmin erilaisia vaatimuksia tietystä konetyypistä. Standardien tyypit ovat hierarkkisia. C-tyypin standardit ovat hierarkiassa korkeimmalla. (Rapinoja 2019)

Lähtökohtaisesti direktiiveissä annetut vaatimukset on pakko täyttää. Standardit ovat ohjaamassa suunnittelua, mutta mikään ei velvoita noudattamaan tehtyjä standardeja. Mikäli koneen suunnittelussa on noudatettu konedirektiivin mukaisia vapaaehtoisia yhdenmukaistettuja standardeja, voidaan konetta pitää automaattisesti vaatimustenmukaisena standardissa olevien vaatimusten suhteen. (Rapinoja 2019)

Konedirektiivissä vaihdettavat lisälaitteet jaotellaan kolmeen eri tyyppiin (CECE 2012):

- a) työkalu

b) vaihdettava laite

c) puolivalmiste (PCM = Partly Completed Machinery)

Konedirektiivissä ei ole tarkkaa määritelmää työkalu-termille, mutta Euroopan yhteisön tapaa- misessa 20.06.1991 pöytäkirjaan on merkitty, että työkalu on koneen päässä oleva osa, joka on suorassa yhteydessä työstettävään materiaaliin. Työkalussa ei ole liikkuvia osia, eikä se vaadi erillistä CE-merkintää tai vaatimustenmukaisuusvakuutusta. Työkaluja ovat esimerkiksi kauhat, kauhan hampaat, kuormaajien tai kaivureiden etukauhat sekä trukkihaarukat. (CECE 2012)

Vaihdettava tai vaihtokelpoinen laite on määritetty tarkasti konedirektiivissä. Vaihdettava va- ruste on laite, jonka käyttäjä itse vaihtaa kuormaajaan tai traktoriin, ja joka muuttaa työkoneen toimintaa. Konedirektiivi vaatii valmistajan ottamaan huomioon vaihdettavan laitteen kohdalla vaaratilanteet, jotka johtuvat käyttäjän mahdollisuudesta liittää työkoneeseen vaihdettava va- ruste laajasta valikoimasta. Lisäksi konedirektiivi vaatii varmistamaan samantasoisien turvalli- suuden sekä vaihdettavalta varusteelta että työkoneelta. Valmistajan on myös tarjottava käyt- täjille riittävästi informaatiota yhteensopivista koneyhdistelmistä. Vaihdettavilta varusteilta vaaditaan CE-merkintä, vaatimustenmukaisuusvakuutus ja käyttöohjeet. (CECE 2012)

Puolivalmiste on yhdistelmä, joka ei pysty suorittamaan toimintoja itsenäisesti vaan tarvitsee kytköksen koneeseen tai toiseen puolivalmisteeseen. Voimansiirtojärjestelmä ja moottori ovat esimerkki puolivalmisteesta. Puolivalmisteelta vaaditaan liittämismvakuutus sekä käyttöohjeet, mutta ei CE-merkintää. (Konedirektiivi, CECE 2012)

Taulukossa 2 on esitettyinä kriteereitä, jotka auttavat tarkastelussa olevan lisälaitteen tyyppin selvittämisessä. Lisälaitteen tyyppin selvittäminen on tärkeää, sillä tyyppin mukaan määritetty laitteelta vaadittavat dokumentit. Tärkeät dokumentit ovat värjätty sinisellä pohjalla taulukon 2 alaosassa. Ne ovat CE-merkintä, vaatimustenmukaisuusvakuutus sekä liittämismvakuutus.

**Taulukko 2 Lisälaitteen tyyppin selvittämiseen laadittu taulukko (perustuu lähteeseen CECE 2012)**

Kriteerit	Lisälaitte		
	Työkalu	Vaihdeettava varuste	Puolivalmiste
Muita <b>liikkuvia osia</b> kuin suoraan ihmisvoimin liikutettavat	EI	KYLLÄ	KYLLÄ
Asentaa	käyttäjä	käyttäjä	käyttäjä
Muuttaa koneen toiminnallisuuden	EI	KYLLÄ	ei soveltuva
CE-merkintä + vaatimustenmukaisuusvakuutus	EI	KYLLÄ	EI
Liittämismvakuutus	EI	EI	KYLLÄ

Joillekin koneluokille on asetettu erikoisvaatimuksia. Ne usein ovat turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia. Konedirektiivin liitteessä IV on lueteltuna koneluokat, joilla on erikoisvaatimuksia. Erikoisvaatimuksia omaavia koneita ovat muun muassa puun työstöön käytettävät sekä maanalaiset koneet, sekä nostamiseen tarkoitettavat koneet. Liitteessä IV mainittujen koneluokien kohdalla täytyy tarkistaa, onko niille olemassa yhdenmukaistettuja standardeja. Yhdenmukaistettujen standardien noudattaminen tai noudattamatta jättäminen vaikuttaa vaatimustenmukaisuusvakuutuksen tekemiseen. Mikäli erikoisvaatimuksia omaavaan koneluokkaan kuuluvan koneen suunnittelu on toteutettu noudattaen sille löytyneitä yhdenmukaistettuja standardeja ja ne täyttävät kaikki terveyst- ja turvallisuusvaatimukset, on valmistajan sovellettava jotakin seuraavista konedirektiivin artiklan 12 kohdan kolme mukaan:

- vaatimustenmukaisuusarviointi tehdään yrityksessä sisäisesti konedirektiivin liitteen VII mukaan
- liitteen IX mukaisen EU-tyyppitarkastus tehdään riippumattomalla tarkastajalla sekä toimimalla liitteen VII A-osan mukaan
- arvioidaan koneen vaatimustenmukaisuutta liitteen X täydellisellä laadunvarmistusmenetelmällä

Mikäli kone kuuluu liitteen IV erikoisvaatimusten koneluokkaan ja se on valmistettu noudattamatta yhdenmukaistettuja standardeja tai jos se on valmistettu osittain yhdenmukaistettujen

standardien mukaan, mutta ne eivät kata kaikkia terveys- ja turvallisuussäädöksiä, ei valmistaja voi suorittaa vaatimustenmukaisuusarviointia sisäisesti. Tässä tapauksessa valmistajan on joko tarkistutettava kone riippumattomalla tarkastajalla tai arvioitava vaatimustenmukaisuutta täydellisellä laadunvarmistusmenetelmällä. (Konedirektiivi)

Riippumattomat tarkastajat tarkastavat yleensä korkean turvallisuusriskin aiheuttavia tuotteita. Korkean turvallisuusriskien aiheuttavia tuotteita ovat muun muassa erilaiset keittimet, lääkinälliset laitteet, pyrotekniset laitteet ja turvalelut. Riippumattomia tarkastajia on kerätty Nandonimiseen tietokantaan. (CE marking) Sieltä voidaan hakea esimerkiksi maa- tai lainsäädäntökohtaisesti valtuutettuja tarkastajia. Nando-tietokannasta löytyy 21 riippumatonta suomalaista tarkastuslaitosta. Niistä kaksi tekevät tarkastuksia konedirektiiviin liittyen. (Nando 2020) Riippumattomien tarkastajien tekemässä EU-tyyppitarkastuksessa, laitos varmistaa ja vakuuttaa, että tuote on konedirektiivin säännösten mukainen. Varmistukseksi asiasta, laitoksen on tutkittava annettu tekninen tiedosto sekä tehtävä riittävästi mittauksia ja testauksia todentaa säännösten mukaisuus. Mikäli tuote todetaan olevan konedirektiivin säännösten mukainen, laitos antaa tuotteelle EU-tyyppitarkastustodistuksen. Todistus ja muut tarkastukseen liittyvät asiakirjat täytyy säilyttää 15 vuotta. (Konedirektiivi)

Vaatimustenmukaisuusvakuutus on valmistajan antama vakuutus siitä, että tuote on suunniteltu ja valmistettu vallitsevien direktiivien säännösten mukaisesti. Vaatimustenmukaisuusvakuutus pitää sisällään:

- valmistajan tiedot
- teknisten dokumenttien vastuuhenkilön tiedot
- vakuutettavan tuotteen tiedot
- vakuutus koneen täyttämistä direktiiveistä ja säännöksistä
- mahdollisen riippumattoman tarkastuslaitoksen tiedot ja sieltä saadun todistuksen tiedot
- käytetyt yhdenmukaistetut standardit
- muut käytetyt standardit
- vakuutuksen antamispaikka ja -aika
- vakuutuksen antajan nimi ja allekirjoitus

Valmistajan on säilytettävä vaatimustenmukaisuusvakuutusta vähintään kymmenen vuoden ajan tuotteen viimeisestä valmistuspäivästä. (Konedirektiivi)

### 2.3.3 Tekninen tiedosto

CE-merkintää varten valmistajan pitää luoda ja ylläpitää vaadittu tekninen tiedosto. Teknisen tiedoston tarkoitus on osoittaa koneen olevan direktiivin säännösten mukainen. Konedirektiivin liitteessä VII on määritetty, mitä koneiden tekninen tiedosto pitää sisällään. Tekninen tiedosto koostuu kahdesta osasta. Ensimmäinen osa on rakenneosa, jossa on tarkasti kaikki koneeseen liittyviä tietoja. Toisessa osassa on sarjatuotteen kohdalla kerrottuna ne toimenpiteet, joilla varmistetaan koneen pysyminen direktiivin säännösten mukaisena myös tulevaisuudessa. Rakennetiedosto pitää sisällään (Konedirektiivi):

- yleistiedot koneesta
- koneen toiminta selitettynä riittävin piirustuksin, kuvauksin ja selityksin
- kaikki suunnittelussa käytetyt laskelmat, testaustulokset, todistukset ja muut asiakirjat, jotta terveys- ja turvallisuusvaatimusten täyttymiset voidaan tarkistaa
- riskien arviointidokumentit, joissa on listattuna konetta koskevat terveys- ja turvallisuusvaatimukset sekä niiden poistamista varten suunniteltujen suojaustoimenpiteiden kuvaukset
- selvitys käytetyistä standardeista ja siitä, mitä terveys- tai turvallisuusvaatimuksia varten niitä on käytetty
- riittävät tekniset selosteet tehdyistä testeistä
- kopio käyttöohjeista
- puolivalmisteilta liittämismakuutus ja kokoonpano-ohjeet
- kopiot koneen ja siihen liitettyjen tuotteiden EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksista

Tekninen tiedosto laaditaan yhdellä tai useammalla yhteisön virallisella kielellä. Dokumenttien ei tarvitse olla jatkuvasti aineistomuodossa, mutta ne on pystyttävä antamaan tapauskohtaisesti määritetyssä ajassa viranomaisille. Mikäli teknistä tiedostoa ei pystytä antamaan viranomaisille määräajassa riittävin perustein, voidaan koneen terveys- ja turvallisuusvaatimusten täyttymistä epäillä. Tekninen tiedosto on oltava viranomaisten saatavissa vähintään 10 vuoden ajan koneen viimeisestä valmistuspäivästä. (Konedirektiivi)

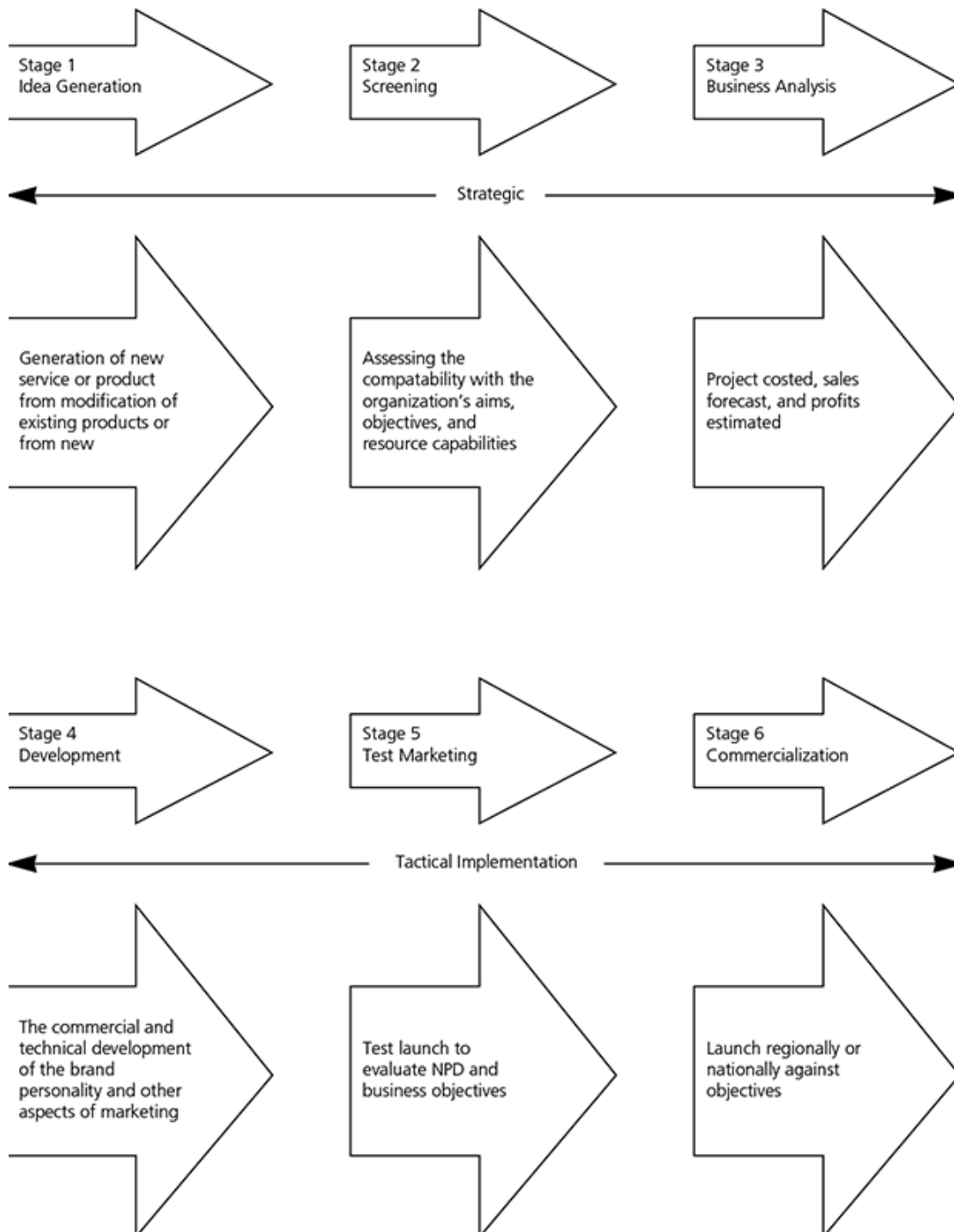
### 2.3.4 Tuotteistaminen

Suominen et al. (2009) ovat tutkineet termiä tuotteistaminen. Heidän selvityksensä mukaan termiä on käytetty laajasti suomenkielisessä kirjallisuudessa ja jossain määrin myös kirjalli-

suudessa yleisesti, mutta termin määritelmä ei ole tarkka. Raportissaan he määrittävät tuotteistamisen olevan ”standardoitu prosessi, jonka tarkoituksena on tuottaa korkealaatuinen tuote tai palvelu, joka on elinkelpoinen markkinoilla tuotetun tiedon perusteella”. Heidän mielestään tuotteistamisen tarkoitus on NPD-prosessin täydentäminen arvoa luovalla tuotteistamisstrategialla. (Suominen et al. 2009)

Oxfordin käsikirjan mukaan NPD-prosessi, eli uuden tuotteen kehitysprosessi, on menettely, jossa uudesta tuoteideasta kehitetään elinkelpoinen tuote markkinoille. Kuvassa 7 on kuvattuna Oxfordin määritelmä NPD-prosessista. NPD-prosessi alkaa tuoteideoiden luomisella. Niitä voidaan kerätä markkinakyselyillä tai asiakaspalautteilla. Tämän jälkeen seulotaan saatuja tuoteideoita sen perusteella, sopivatko ne organisaation suunnitelmiin ja kykyihin. Seuraavaksi jäljelle jääneistä tuoteideoista etsitään liiketoiminnan kannalta potentiaalisimmat ideat. Liiketoiminta-analyysistä selvinneet tuoteideat siirretään tuotekehitykseen. Tuotteesta valmistetaan prototyyppejä, joita testautetaan asiakkailta. Palautteen perusteella prototyyppejä jatkokehitetään. Kun kehityskierroksia on tehty riittävästi ja lopputulos tyydyttää sekä valmistajaa että testiasiakkaita, viedään tuote testimarkkinoille joko rajatulle markkina-alueelle tai suoraan yrityksen koko markkina-alueelle. (Law 2016)

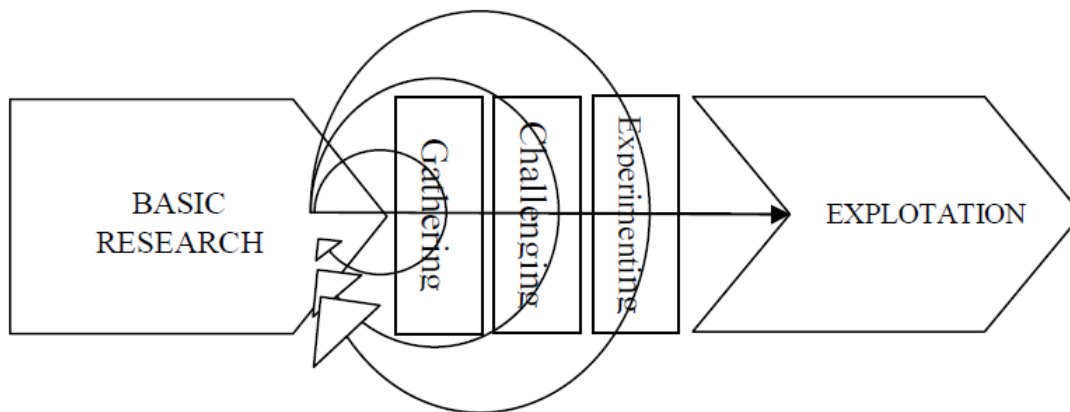




**Kuva 7 Oxfordin sanakirjan määritelmä NPD-prosessille (Law 2016)**

Suominen et al. (2009) määrittelevät tuotteistamisprosessin alkavan tiedon tuottamisella. Tieto kerätään markkinoilta, jotta valmistuva tuote voisi lähtökohtaisesti pärjätä markkinoilla. Perustavanlaatuisen tietojen keräämisen pohjalta, jatketaan tuotteen suunnittelua NPD-prosessin mukaisesti. Suominen et al. (2009) mukaan NPD-prosessissa mainitut tehtävät tehtäisiin rinnakkain tuotteistamisprosessissa. Rinnakkaisuus luo lisäarvon verrattuna perinteiseen NPD-prosessiin, sillä jo prosessin alkuvaiheessa saadaan huomioitua kaupallistamisen ja suunnittelun näkökulmat. (Suominen et al. 2009)

Kuvassa 8 näkyy Suomisen et al. (2009) esitys tuotteistamisprosessin rinnakkaisuudesta ja sekä siinä tehtävistä palautekierroksista. Tuotteistamisprosessi alkaa tuoteideoiden keräämisellä markkinoilla tai asiakkailta teetetyillä perustutkimuksilla. Tämän jälkeen kootaan yhteen poikkifunktionaalinen ryhmä, johon otetaan henkilöitä organisaation eri osista. Tällä tavalla saadaan monimuotoistettua päätöksissä vaikuttavat näkökulmat. Seuraavaksi pyritään haastamaan ja muuttamaan vallitsevaa ajattelutapaa, jotta keksitään uusia ratkaisuja. Näitä ratkaisuja kokeillaan ja testataan niiden valmistuttua. Kokoon-tumisen, haastamisen ja kokeilun vaiheista palataan toistuvasti perustutkimuksessa selvinneiden asioiden äärelle ja verrataan valmistunutta tuoteideaa tai tuotetta markkinoiden tarpeisiin. Kun tuote vastaa markkinoiden tarpeita ja ratkaisu tyydyttää myös valmistajaa, viedään se tuotantoon ja markkinoille. (Suominen et al. 2009)



**Kuva 8 Tuotteistamisprosessin kaavio havainnollistettuna palautekierroksilla (Suominen et al. 2009)**

Vaikka Suominen et al. (2009) esittivät määritelmän tuotteistamiselle perustuen löytämiinsä kirjallisuuslähteisiin, ei tuotteistamisen määritelmä ole ollut selvä edelleenkään vuonna 2015. Harkonen et al. (2015) tekivät laajan, 338 relevantin kirjallisuuslähteen sisältävän, kirjallisuusselvityksen tuotteistamiskäsitteen käytöstä. He raportoivat tuotteistamisen tarkoittavan lyhyesti prosessia, jossa selvitetään tarpeita ja elementtejä tuotteen kaltaiselle objektille, jotta se voidaan myydä asiakkaille. Tutkimuksessa he jakoivat tuotteistamisen eri kategorioihin kontekstin mukaan. Nämä kategoriat olivat tuotteiden tuotteistaminen, palveluiden tuotteistaminen, ohjelmistojen tuotteistaminen sekä teknologioiden tuotteistaminen. Taulukosta 3 nähdään, kuinka tuotteistamiskäsitettä on käytetty kirjallisuudessa kontekstin mukaan vuositasolla. Suurimmassa osassa heidän raportoimistansa artikkeleista tuotteistamiskäsitettä käytettiin tuotteen tuotteistamisessa. Viimeisen 15 vuoden aikana tuotteistamiskäsitteen käyttö on kasvanut paljon myös palveluiden tuotteistamisen yhteydessä. (Harkonen et al. 2015)

**Taulukko 3 Kirjallisuuslähteet jaettuna eri kategorioihin tuotteistamiskäsitteen kontekstin mukaan (perustuu lähteeseen Harkonen et al. 2015)**

Kategoria	Julkaisuvuosi					Yhteensä
	-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014	
Tuotteiden tuotteistaminen	6	14	16	31	45	112
Palveluiden tuotteistaminen	1	5	4	27	46	83
Ohjelmistojen tuotteistaminen	3	13	8	29	19	72
Teknologioiden tuotteistaminen	3	7	15	22	24	71
Yhteensä	13	39	43	109	134	338

Kaikissa neljässä käyttökonektstissa tuotteistamiskäsitteen merkitys oli kuitenkin lähes sama. Tutkijat kertovat kirjallisuuslähteiden käyttäneen tuotteistamiskäsitettä niiden kuvaillessaan monimutkaisen ja usein abstrakteja osia sisältävän tuotteenkaltaisen objektin tarpeiden ja sopivien elementtien suunnitteluprosessia sekä markkinoille viemistä. (Harkonen et al. 2015)

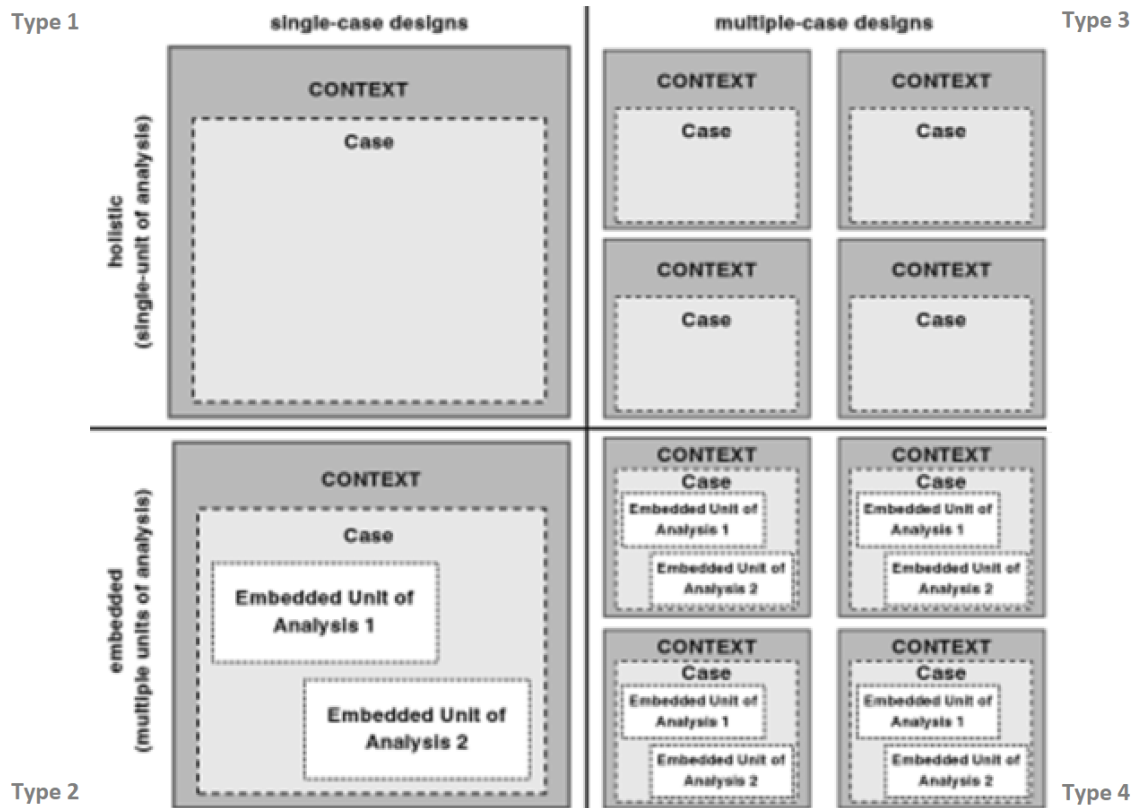
## 3. TUTKIMUSSTRATEGIA JA -MENETELMÄT

Tässä luvussa kerrotaan, mikä tutkimusstrategia on valittu tämän tutkimuksen suorittamiseen. Lisäksi kerrotaan, mitkä ovat valitut tutkimusmenetelmät sekä aineiston keruumenetelmät.

### 3.1 Tutkimusstrategia

Saaranen-Kauppinen ja Puusniekka (2006) ehdottavat tutkimusstrategiaksi muun muassa toimintatutkimusta tai tapaustutkimusta. Lähdesmäki et al. sen sijaan esittelevät tutkimusstrategiavaihtoehtoiksi lisäksi pitkittäis- ja poikittaistutkimusta sekä monia ihmisten tutkintaan liittyviä tutkimusstrategioita. Paras edellä mainituista tutkimusstrategioista tähän tutkimukseen on tapaustutkimus. Tapaustutkimuksessa keskitytään tutkimaan vain yhtä tai muutamaa tapausta tarkasti (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Toimintatutkimus sopisi tutkimusstrategiaksi, mikäli tutkimuksessa tutkittaisiin myös tehtyjen kehitystoimenpiteiden käytännön vaikutusta (Kuula 2006). Tässä tutkimuksessa sellaista kehitystoimenpiteiden vaikutuksen seuraamista ei kuitenkaan suoriteta, joten tutkimusstrategia tässä työssä on tapaustutkimus.

Tapaustutkimus on vielä hyvin laaja käsite, joten on tarkennettava, millainen tapaustutkimus tämä tutkimus on. Yin (2014) esittelee tapaustutkimukselle neljä erilaista tyyppiä. Kuvassa 9 on esiteltynä neljä erilaista tapausta. Ensimmäinen niistä on kokonaisvaltainen yksittäistapaustutkimus, jossa tutkitaan kokonaisvaltaisesti yhtä tapausta. Toinen tyyppi on myös yksittäistapaustutkimus, mutta käsittelyssä oleva tapaus jaotellaan useampaan sisäiseen analyysiyksikköön. Kolmas tyyppi on sellainen, jossa käsitellään useampia samankaltaisia tapauksia rinnakkain ja jokainen tapaus itsessään käsitellään kokonaisvaltaisesti. Neljännessä tyypissä on mukana useita eri tapauksia rinnakkain ja jokainen tapaus on jaoteltu useisiin sisäisiin analyysiyksikköihin. (Yin 2014)



**Kuva 9 Tapaustutkimuksen neljä erilaista tyyppiä (Yin 2014, p. 50)**

Tämä tutkimus suoritetaan Yinin (2014) esittelemän tyyppin kaksi mukaisesti, sillä tutkimuskohdeena on yksi yritys. Tutkimuskohde voidaan kuitenkin jaotella useampaan sisäiseen analyysiyksikköön, joita voidaan tutkia osittain erillään toisistaan. Analyysiyksiköiden aiheet ovat tuotteistamisprosessin virtausmalli sekä kuormaajan ja työlaitteen välinen rajapinta.

### 3.2 Tutkimusmenetelmät

Tapaustutkimuksessa voidaan käyttää sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä (Lähdesmäki et al.). Kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimusmenetelmässä kohdetta pyritään ymmärtämään aiempien aineistojen tai teorioiden, empiiristen havaintojen sekä tutkijan omien havaintojen pohjalta (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Kvantitatiivisessa eli määrällisessä tutkimusmenetelmässä tutkimuskohdeesta kerätään laaja-alaisia aineistoja, joita analysoidaan erilaisilla laskentamalleilla. Analysoinnin tuloksia verrataan aikaisempiin teorioihin tai luodaan uusia teorioita tulosten pohjalta. (KvantiMOTV)

Tässä työssä tutkimusmenetelmänä on kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimusmenetelmä. Tutkimuksessa kerätään empiirisiä havaintoja toimintatavoista sekä mielipiteitä ja tarkennuksia toimintatavoista haastatteluina. Tehdyt kehitysehdotukset perustuvat tutkimuksen alussa tehdyssä kirjallisuuskatsauksessa löydettyihin teorioihin ja käytäntöihin.

### 3.3 Aineiston keruumenetelmät

Tämän tutkimuksen tekijä on ollut kohdeyrityksessä töissä tutkimuksen aloittamishetkeen mennessä noin 12 kuukautta. Tässä ajassa hänelle on muodostunut laaja kuva yrityksen toiminnasta sekä työlaitteiden tuotteistamisprosessista. Ensimmäiset kolme kuukautta tutkimuksen tekijä työskenteli protopajalla asentajana ja hänen päätehtäviinsä kuului uusien prototyö-laitteiden kokoonpaneminen. Ensimmäisten kolmen kuukauden jälkeen hänen toimenkuvansa muuttui ja hän alkoi tehdä ylläpitotehtäviä työlaitteiden 3D-mallien ja piirustuksien parissa sekä oli yhteyksissä alihankkijoihin.

Noin neljä kuukautta kestäneen ylläpitojakson päätteeksi tutkimuksen tekijä sai vastuulleen yhden uuden työlaitteen sekä kahden päivitettävän työlaitteen suunnittelun. Näiden työlaitteiden suunnittelun ja tuotteistamisen aikana tutkimuksen tekijälle muotoutui hyvä kuva siitä, millainen työlaitteiden tuotteistamisprosessi on tällä hetkellä kohdeyrityksessä. Näin ollen yksi aineiston keruumenetelmä on osallistuva havainnointi.

Osallistuva havainnointi on aineiston keruumenetelmä, jossa havainnoija kerää henkilökohtaisen havainnoinnin kautta objektiivista informaatiota toiminnasta tai kohteesta. Määrittelevä termi osallistuva tarkoittaa sitä, että havainnoija on havainnoitavien henkilöiden tietoisuudessa ja havainnoija saattaa myös osallistua toimintaan. Jotta havainnoija pystyy tehdä oikeat johdopäätökset havaintojen pohjalta, täytyy havainnoijalla olla laaja tietotaito havainnoitavasta kohteesta ja siinä vallitsevista periaatteista. (Anttila 2014)

Toinen aineistonkeruumenetelmä on haastattelu. Käytettävät haastattelutyypit ovat avoimet haastattelut ja ryhmähaastattelut. Avoimessa haastattelussa ei ole etukäteen määritettyjä kysymyksiä, vaan haastattelutilanteesta pyritään tekemään mahdollisimman luonteva keskustelutilanne haastateltavan kanssa. Ryhmähaastattelussa haastatellaan saman aikaisesti isompaa ryhmää. Heille esitetään kysymyksiä joko yhteisesti tai välillä kohdennetusti jollekin tietylle henkilölle. Kysymykset eivät ole strukturoituja vaan haastattelun aikana käydään läpi etukäteen suunniteltuja teemoja, joihin haastattelija keksii luontevat kysymykset keskustelun lomassa. (KvaliMOTV)

## 4. KOHDEYRITYKSEN JA TUOTERAKENTEEN POHJUSTAMINEN

Tässä luvussa selitetään kohdeyrityksen lähtötilanne sekä työlaitteiden ja kuormaajien välinen tuotearkkitehtuuri. Tuotearkkitehtuurista selitetään, mitä erilaisia tuotteita yritys valmistaa sekä se, miten tuotteet liittyvät toisiinsa.

### 4.1 Kohdeyrityksen tilanne

Diplomityön kohdeyritys on kotimainen pienkuormaajien valmistaja. Yritys suunnittelee ja valmistaa itse kuormaajansa. Työlaitteet yritys suunnittelee itse, mutta valmistuttaa ne alihankkijalla. Yrityksellä on laaja kuormaaja ja työlaitevalikoima, joka kasvaa jatkuvasti molempien osalta. Uusia työlaitteita tuodaan markkinoille keskimäärin kerran kuukaudessa. Neljän henkilön työlaite-suunnitteluryhmälle edellä mainittua markkinoille saattamista pidetään yrityksen sisällä hyvänä, sillä samaan aikaan sama työlaite-suunnittelijoiden ryhmä ylläpitää ja päivittää työlaitevalikoimaa. Uusi kuormaajamalli on tuotu markkinoille noin kerran vuodessa.

Tässä diplomityössä keskitytään nimenomaan työlaitepuolen suunnittelutoimintaan. Kuten edellä mainittu, itse suunnitteluprosessia pidetään melko tehokkaana. Sen sijaan jatkuvasti kasvavat mallistot aiheuttavat hankaluuksia yhteensopivuuden kannalta. Diplomityön kirjoittamisen aikaan syksyllä 2020, tuotannossa olevia erilaisia kuormaajamalleja on yli kymmenen ja työlaitteita jopa yli sata. Toistaiseksi yhteensopivuus on saatu hallittua kohtalaisesti ilman mitään systemaattisempia lähestymistapoja. Tämä johtuu siitä, että yrityksessä työskentelevät suunnittelijat ovat osanneet huomioida tai muistaneet erilaiset yhteensopivuuden kannalta oleelliset asiat. Välillä kuitenkin on ilmaantunut hankalasti korjattavia ja kiusallisia yhteensopivuusongelmia. Jotta yrityksen on mahdollista edelleen jatkaa kasvuaan ja mallistojen kasvatamista, vaatii yhteensopivuuksien hallinta kehittämistä.

Vaikka itse kuormaaja on modulaarinen ja myös työlaitteissa on modulaarisuuden piirteitä, ei kummallekaan tuoteryhmälle ole vielä dokumentoitu modulaarista tuotearkkitehtuuria. Kaikilla suunnittelijoilla kuitenkin on modulaarisuus ajatusmallina suunnittelua tehdessä. Myöskään rajapintoja ei ole määritetty erikseen. Mikäli moduulien on täytynyt sopia toisiinsa, on vastakkaisen moduulin määrittävät mitat katsottu suunnittelun yhteydessä ja liitettävä moduuli on suunniteltu vastakkaisen moduulin mittoihin sopivaksi. Tällainen toiminta ei kuitenkaan ole millään tavalla muutosmyönteinen. Mikäli jotain rajapintaa joudutaan muuttamaan, ei siitä ole missään kerättyä tietoa, kuinka monta moduulia liittyy kyseisen rajapinnan kautta. Kyseinen liitännäistieto on täysin hiljaisena tietona. Pienemmällä moduulivarianttilukumäärillä kyseinen

toimintatapa on toiminut, mutta kasvun jatkuessa se on mahdottomuus. Tämän takia kohdeyrityksessä halutaan kehittää työkaluja yhteensopivuuksien hallintaan.

## 4.2 Työlaitteiden ja kuormaajien tuoterakenne

Kuten jo aiemmin on mainittu, yrityksessä ei ole dokumentoituna tuotteille modulaarista arkkitehtuuria. Juuri ennen tämän diplomityön aloittamista yrityksessä kuitenkin otettiin käyttöön sähköinen tuotekonfiguraattori, jota varten kuormaajien modulaarisuutta hahmoteltiin. Hahmottelussa kuormaaja jaoteltiin kuuteen eri geneeriseen elementtiin. Ne ovat:

1. Runko
2. Moottori
3. Renkaat
4. Ohjaamo
5. Optiot
6. Työlaite

Runko on kuormaajissa sarjakohtaisesti vakioelementti ja se vaihtuu vain kuormaajasarjan mukaan. Joissakin kuormaajasarjoissa käytetään osittain tai kokonaan yhteistä runkoa toisen kuormaajasarjan kanssa. Moottori on osittain konfiguroitava elementti. Kuormaajan moottori vaihtuu asiakkaan valitseman kuormaajamallin mukaan. Renkaat ja ohjaamo ovat konfiguroitavia elementtejä. Asiakas voi valita käyttökohteeseensa parhaiten sopivat renkaat sekä ohjaamon, jotta kuormaaja toimii hyvin kohdeympäristössä. Yhdeksi laajaksi konfiguroitavaksi elementiksi valittiin yhtenäisenä kokonaisuutena kuormaajan optiot. Kuormaajiin on saatavilla monta kymmentä erilaista optiota. Optioiden välillä on paljon relaatioita. Osa optioista vaatii myös muita optioita asennettavaksi kuormaajaan. Jotkin optiot taas sulkevat pois joitakin toisia optioita. Työlaitetta voidaan pitää konfiguroitavana elementtinä kuormaaja-arkkitehtuurissa. Työlaitetta vaihtamalla asiakas voi muuttaa kuormaajan käyttötarkoitusta. Esimerkiksi ruohonleikkuri-työlaite muuttaa pienkuormaajan ruohonleikkuriksi.

Työlaite koostuu perusosista sekä siihen mahdollisesti saatavista optioista. Työlaitteiden optioita ovat esimerkiksi kastelulaite harjalaitteisiin ja erilaiset terävaihtoehdot lumiauroihin. Työlaitteiden ja kuormaajien välisen rajapinnan suunnittelussa täytyy ottaa huomioon mekaaninen, hydraulinen ja sähköinen yhteensopivuus. Lähes kaikissa työlaitteissa yhteisen rajapinnan kautta välittyy mekaanisia voimia kuormaajaan. Jotkin työlaitteet toimivat omana yksikkönään irrallaan kuormaajasta käyttäen pelkästään kuormaajan hydraulista voimaa hydrauliletkujen välityksellä. Kaikissa hydraulikäyttöisissä työlaitteissa täytyy huomioida hydraulinen yhteensopivuus. Hydraulisessa yhteensopivuudessa vaikuttavia tekijöitä ovat hydraulipaineet



sekä -virtaukset. Lisäksi joissakin työlaiteissa on osittain tai täysin sähköön perustuvia ohjausmenetelmiä sekä valoja, joten myös sähköinen yhteensopivuus on huomioitava.

Työlaite kiinnitetään kuormaajaan pikakiinnityksellä. Kuormaajan etulevy sovitetaan työlaiteesta löytyviin pikakiinnityskorvakkeisiin. Työlaitteen lukitus tapahtuu joko käsin käännettävillä tapeilla tai suoraan ohjaamosta hydraulisesti ohjattavilla tapeilla. Mahdolliset hydrauliletkut ja sähköjohdot kytketään kuormaajaan ja työlaitteen välille kuvan 10 mukaisella ryhmäpikaliittimellä. Ryhmäpikaliittimessä on kaksi osaa. Ylempänä on kuormaajassa kiinteästi oleva naaraspuolinen ryhmäpikaliitin kiinnityskahvalla. Alempana on irrallinen urospuolinen ryhmäpikaliitin, joka on kytkettynä työlaitteen letkuihin ja johtoihin. Ryhmäpikaliitin on mahdollista kytkeä, vaikka letkuissa olisi painetta.



**Kuva 10 Kuvanmukaista Faster-ryhmäpikaliitinparia käytetään hydrauliiikan ja sähköjen nopeaan kytkentään kuormaajan ja työlaitteen välillä (Multigrease)**

Kohdeyrityksellä on tarjolla myös kuormaajan taakse kiinnitettäviä työlaitteita. Tällöin asiakkaan täytyy hankkia erikseen joko hydraulisesti liikutettava tai kiinteä takanostolaite. Mikäli taakse kiinnitettävä työlaite tarvitsee hydrauliiikkaa, kytketään hydrauliletkut yksitellen tavallisilla hydraulipikaliittimillä lisävarusteena saatavan hydraulisen takausoston liittimiin. Mahdollinen takatyölaitteen sähköohjaus vaatii lisävarusteena saatavan kytkinpaketin. Takatyölaitteiden rajapintaa ei kuitenkaan määritetä tässä työssä.

## 5. TULOKSET

Tässä luvussa kerrotaan, millaisia ratkaisuja yhteensopivuuden hallinnan parantamiseksi on tehty. Lisäksi kerrotaan, mitä eri kirjallisuudesta löytyneitä asioita on hyödynnetty tehdyissä ratkaisuissa.

Aluksi kerrotaan tuotteistamisprosessin mallintamisesta virtausmallin avulla. Tämän jälkeen esitellään ratkaisut kuormaajan ja työlaitteen välisen rajapinnan standardoimisesta. Lopuksi kerrotaan työlaite-suunnitteluun aputyökaluksi luodusta tilavarausmallista sekä arvioidaan saatuja tuloksia.

### 5.1 Työlaitteen tuotteistamisprosessin nykytilavirtausmalli

Tässä luvussa kerrotaan tuotteistamisprosessin nykytilavirtausmallin luomisesta. Nykytilavirtausmallin luomisen jälkeen esitetään kehitysehdotukset tuotteistamisprosessille.

#### 5.1.1 Tuotteistamisprosessin virtausmallin luominen

Diplomityön lähtökohtana oli alusta asti kehittää työlaitteen tuotteistamisprosessia. Yksi intressi oli tuotteistamisprosessin tarkka läpikäyminen sekä tuotteistamisprosessin kehitys ilmaantuvien epäkohtien osalta. Tuotteistamisprosessille ei ollut tehty tämän kaltaista tarkastusta aikaisemmin. Se on muodostunut nykyiseen muotoonsa vuosien aikana, joten tarkastelulle on syynsä. Tuotteistamisprosessilla tarkoitetaan tässä työssä prosessia, jossa markkinoille kehitetään asiakkailta saadusta työlaite-ideasta sarjatuotantokelpoinen työlaite. Tuotteistamisprosessin mallinnuksessa kuitenkin keskitytään suunnittelun tekemisiin osuuksiin. Tuotantoon, markkinointiin ja myyntiin liittyvät alueet jätetään tarkemman mallinnuksen ulkopuolelle.

Työlaitteen tuotteistamisprosessin mallinnustavaksi valikoitui virtausmalli, sillä se on tutkimuksen tekijälle tuttu mallinnustapa konetekniikan opinnoista ja se sopii hyvin yrityksessä käytössä olevaan suunnittelutapaan. Käytössä olevaa suunnittelutapaa voidaan kutsua virtaus-tyyliseksi. Jokaisella työlaiteella on yksi vastuusuunnittelija, joka suunnittelee työlaitteen. Samanaikaisesti yhdellä suunnittelijalla on vastuullaan kahdesta neljään työlaitetta. Kun yksi työlaite on esimerkiksi protovalmistuksessa tai testauksessa, voi suunnittelija käyttää aikansa toisen työlaitteen suunnitteluun. Näin ollen työlaiteprojektit etenevät suunnitteluprosessissa virtauksen omaisesti ja suunnittelija tekee arvoa tuottavaa työtä päivästä toiseen.

Virtausmallin muodostaminen aloitettiin käyttämällä pohjana työlaite-suunnittelussa käytössä olevaa suunnittelutaulua, joka perustuu Lean-johtamisfilosofiaan. Tauluun on kirjattu jokainen

käsittelyssä oleva työlaiteidea, sen vastuusuunnittelija sekä työlaiteprojektin edistyminen. Taulun yläreunassa on valmiina merkityksellisimmät työlaitteen kehitysvaiheet. Viikoittaisessa pystypalaverissa käydään läpi jokaisen työlaitteen edistymistä sekä merkitään tuloillaan oleville työvaiheille tavoitteellisia aikamääriä viikon tarkkuudella. Samassa yhteydessä voidaan kokoontua yhden tietokoneen ympärille ideoimaan ratkaisuja jollekin työlaitteelle, jonka kanssa vastuusuunnittelijalle on tullut haasteita. Välillä pystypalaverihin pyydetään henkilöitä myös yrityksen muilta osastoilta.

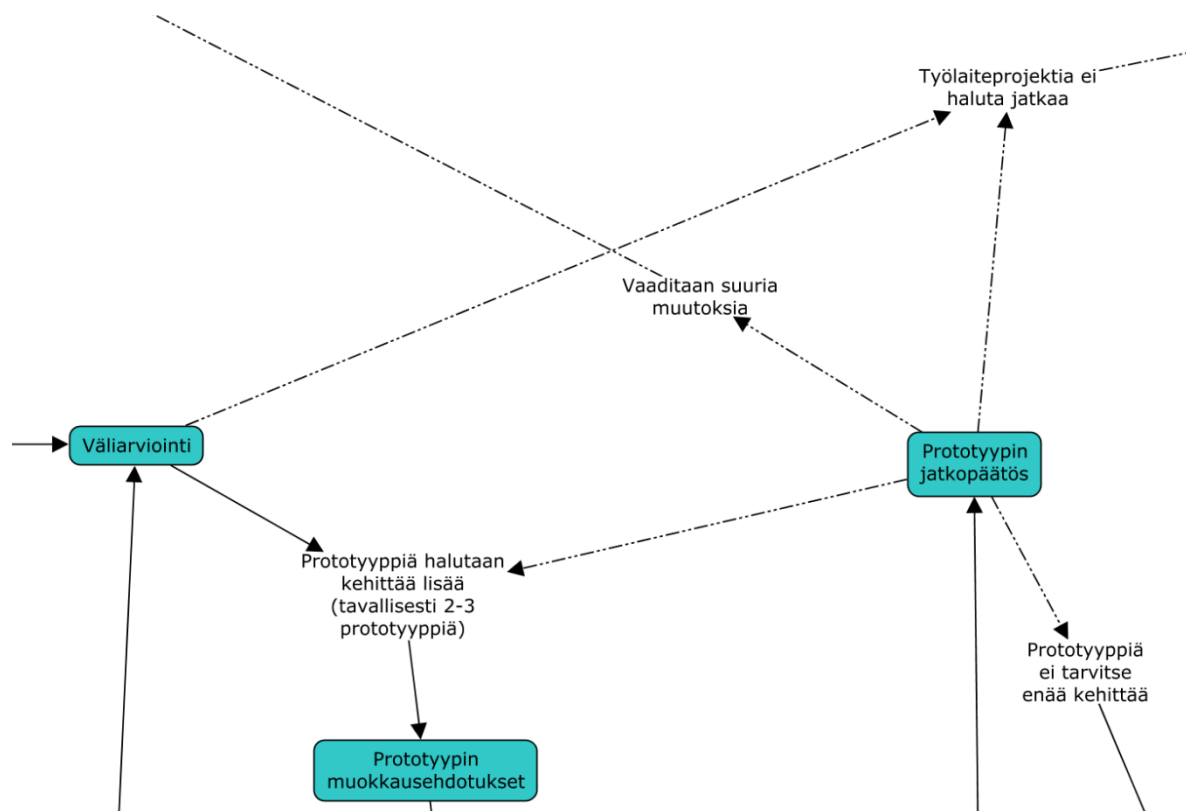
Kun virtausmalliin oli sijoitettuna suunnittelutaulussa olevat työvaiheet, lisättiin malliin kaikki tutkijan oman kokemuksen mukaiset järkevät virtauselementit. Tämän jälkeen työlaite-suunnittelijoiden kanssa pidettiin palaveri, jossa katselmoitiin sen hetkistä virtausmallia. Samalla työlaite-suunnittelijat kertoivat omat näkemyksensä, miten virtausmallia pitäisi muokata, jotta se vastaa paremmin todellista tuotteistamisprosessia. Muutoksien jälkeen virtausmallia on katselmoitu useasti työlaitteiden tuotekehityspäällikön kanssa, joten virtausmallia voidaan pitää todenmukaisena.

Haasteita tuotteistamisprosessin mallinnukseen aiheuttavat erityyppiset työlaitteet. Osa työlaiteista on erittäin yksinkertaisia ja osa on hyvinkin monimutkaisia. Yksinkertaisten työlaitteiden tuotteistaminen on paljon suoraviivaisempaa kuin monimutkaisten työlaitteiden, jotka vaativat esimerkiksi jonkin standardin mukaisen testauksen. Virtausmallissa luotiin kuitenkin keskimääräistä työlaitetta vastaava tuotteistamisprosessi. Keskimääräinenkin malli nimittäin näyttää, mikäli tuotteistamisprosessissa on perustavanlaatuisia ongelmia. Tuotteistamisprosessia ei päätetty mallintaa kovin suurella tarkkuudella, sillä mallinnuksen päätavoitteena ei ollut tarkka mallinnus, vaan tuotteistamisprosessin yleisen järjestyksen tutkiminen.

Kirjallisuuskatsauksessa esiteltyä virtausmallia päätettiin soveltaa, jotta se sopi paremmin tutkimuskohteen mallintamiseen. Yksi sovellettu ratkaisu on virtausta esittävien nuolten tyyppin muuttaminen. Koska tuotteistamisprosessissa on useampia kohtia, joissa ei edetä lineaarisesti eteenpäin, vaan tarvitaan iterointikierroksia, käytettiin virtausmallissa kiinteiden nuolien lisäksi katkoviivallisia nuolia. Musta kiinteä nuoli tarkoittaa kuljettavaa suuntaa. Musta katkoviivallinen nuoli tarkoittaa mahdollista kulkusuuntaa.

Kuvassa 11 on esitettyä katkoviivoja vaativa tilanne. Siinä prototyypin testauksen jälkeen sen jatkoa miettiessä voidaan edetä neljään eri suuntaan. Mikäli prototyyppi ei tule toimimaan sellaisenaan ja vaaditaan suuria muutoksia rakenteeseen, saatetaan tarvita uudet linjaukset työlaitteen tekemiseen yrityksen johdolta asti. Tällöin koko tuotteistamisprosessi alkaa alusta. Mikäli työlaiteprojektia ei haluta jatkaa, lopetetaan kaikki toiminta työlaitteeseen liittyen. Mikäli

prototyyppiä halutaan kehittää vielä lisää, suoritetaan uusi muokkauksen ja testauksen kierros. Kun prototyyppi lopulta tyydyttää kaikilta osin, lopetetaan prototyypin kehittäminen ja siirrytään eteenpäin.



**Kuva 11 Sinisten ja mustien katkoviivallisten nuolten käyttöesimerkki**

Toinen sovellettu ratkaisu on virtauselementtien värjääminen siniseksi tilanteissa, joissa täytyy huomioida työlaitteen ja kuormaajan yhteensopivuus. Tällä tavalla pystytään paremmin havainnoimaan yhteensopivuuden merkitys tuotteistamisprosessissa. Tuotteistamisprosessiin löydettiin 52 eri virtauselementtiä, joista 24 merkittiin siniseksi. Noin 46% työlaitteen tuotteistamisprosessin tehtävistä ovat yhteensopivuuden kannalta tärkeitä. Työlaitteen tuotteistamisprosessin nykytilavirtausmalli on liitteenä A.

### 5.1.2 Tuotteistamisprosessin kehittäminen virtausmallin pohjalta

Kuten jo aikaisemmin on mainittu, pidettiin tuotteistamisprosessia suunnittelijoiden mielestä melko tehokkaana jo nykyisellään. Nykytilavirtausmalli kuitenkin osoitti sen, että sitä täytyy silti kehittää. Suurin epäkohta vaikutti olevan riskien arvioinnin paikka. Nykyisellään riskien arviointi on suoritettu suunnitteluprosessin loppupuolella kohdassa, jossa muutoksia ei tehdä kovin pienellä kynnyksellä. Jotta riskejä voidaan pienentää, täytyy ne ensiksi havaita sekä arvioida ja vasta tämän jälkeen tehdä toimenpiteitä. Sen vuoksi riskien arviointi täytyy aloittaa paljon aikaisemmassa vaiheessa, jotta havaittuihin riskeihin voidaan puuttua.

Aikaisemmin suunnittelijat ovat henkilökohtaisesti arvioineet riskejä ja tehneet suunnitteluratkaisuja niiden mukaisesti. Suunnittelijoiden kesken ei kuitenkaan ole ollut mitään systemaattista tapaa, miten arvioida riskejä eri kanteilta. Vasta viimeisimpien vuosien aikana riskien arviointia on aloitettu systematisoida käyttämällä asiantuntijoiden apua ja valmiita dokumenttipohjia. Jatkossa riskien arviointi täytyy aloittaa sen jälkeen, kun työlaitteesta on tehty ensimmäiset hahmottelut. Ensimmäisten hahmotteluiden jälkeen on mahdollista havaita riskejä ja niihin on helppo puuttua. Tämän jälkeen riskien arviointia jatketaan säännöllisesti suunnittelun edetessä.

Yhteensopivuuden hallinnan kannalta joitakin tehtäviä toimenpiteitä haluttiin virtausmallin pohjalta määrittellä paremmin. Jatkossa aloitusspesifikaatiosta asti halutaan tietää, mihin koneisiin suunniteltavan työlaitteen on tarkoitus sopia. Aikaisemmin yhteensopivuustavoitetta ei ole määritetty välttämättä ollenkaan aloitusspesifikaatiossa. Mikäli työlaite halutaan sopivan tiettyihin kuormaajiin, on se päätettävä heti suunnittelun alussa. Suunnittelun alussa tehdään usein päätökset hydraulisista osista, koska ne saattavat olla pitkän toimitusajan komponentteja.

Itse aloitusspesifikaatiota halutaan myös muokata. Nykyisellään aloitusspesifikaationa pidetään noin kuukausittain pidettävän suunnittelupalaverin aikana käytyä keskustelua uuden työlaitteen suunnitteluun ottamisesta. Keskustelussa yleensä päätetään, kuka työlaiteidean ottaa vastuulle ja mihin asiakkaan ongelmaan työlaitteella haetaan ratkaisua. Samalla pohditaan usein työlaiteidean markkinatilannetta sekä taloudellista riskiä. Siinä ei kuitenkaan välttämättä päätetä ollenkaan mihin kuormaajiin sen tulee sopia. Vallitseva käsitys suunnittelijoiden kesken on, että mikäli yhteensopivuutta ei alussa määrätä, suunnitellaan työlaite sopimaan kaikkiin kuormaajasarjoihin. Markkinoiden kannalta järkevin ja myyvin versio on kuitenkin lopullinen tavoitetilä.

Aloitusspesifikaation epämääräisyyden takia välillä on tullut tilanteita, joissa jotakin työlaiteideaa on käsitelty palaverissa, mutta kukaan työlaitesuunnittelijoista ei ole pystynyt ottamaan sitä sillä hetkellä käsittelyyn. Tämän jälkeen on saattanut kulua useita kuukausia, kunnes joku suunnittelijoista voisi työlaitteen ottaa suunnitteluun. Tässä vaiheessa aikaisemmin puhutut asiat ovat unohtuneet ja työlaiteideasta aloitetaan puhumaan alusta lähtien. Tähän ratkaisuksi voisi tehdä yksinkertaisen dokumenttipohjan, johon kerätään jokaisesta työlaiteideasta keskusteltuja asioita muistiin. Mikäli työlaiteidea joutuu odottamaan pitkään ennen sen suunnittelun varsinaista aloittamista, löytyisi edellisissä palavereissa käydyt keskustelut työlaiteideaan nopeasti. Aloitusspesifikaation dokumenttipohjaan voitaisiin kirjata esimerkiksi pääsuunnittelija, työlaitteen käyttötarkoitus, markkinastrategia sekä tavoiteltu yhteensopivuus kuormaajien kanssa. Lisäksi dokumenttipohjassa olisi hyvä olla ideointikenttä, johon kirjataan

muistiin kaikki oleelliset keskustelussa ilmi tulleet asiat, jotka eivät sovi edellä eriteltyihin kenttiin.

Yksi oleellinen kehityskohde tuotteistamisprosessin nykytilan mallinnuksen pohjalta löydettiin. Hiljaista suunnittelutietoa ei kerätä mitenkään systemaattisesti. Direktiivien vaatimat tiedot tallennetaan tekniseen tiedostoon, mutta kaikki muu arvokas tieto jää joko vain suunnittelijan muistiin tai suunnittelijan omiin tiedostoihin. Suunnittelutietoa olisi tärkeää tallentaa, sillä myöhemmin mahdollisesti tehtävien muutosten yhteydessä olisi hyödyllistä nähdä, millaisia ratkaisuja on jo yritetty. Tällä vältettäisiin muun muassa se, ettei tehdä samoja virheitä uudestaan.

Osittain ratkaisuna suunnittelutiedon keräämiseen, mutta pääasiassa tuotteistamisprosessin toimintatapojen yhtenäistämiseksi, kehitettiin työlaite-suunnittelijoille tarkistuslista. Työlaite-suunnittelijat saivat kolmen kuukauden ajan lisätä tarkistuslistaan heidän mielestään merkittäviä muistettavia työtehtäviä työlaitteen suunnittelusta. Tärkeitä muistettavia tehtäviä ovat muun muassa nostokorvakkeiden lisääminen työlaiteeseen ja ohjeiden kirjoittaminen energiaa säilövien osien turvalliseen purkamiseen. Kolmen kuukauden keräämisen jälkeen pidettiin palaveri työlaitteiden tuotekehityspäällikön sekä tuoteturvallisuuspäällikön kanssa. Palaverissa päätettiin tarkistuslistan tehtäväjärjestys. Samalla tarkastettiin, että turvallisuustekijöiden kannalta kaikki oleelliset tehtävät löytyvät listasta.

Tarkistuslistasta tehtiin mahdollisimman käyttäjäystävällinen Excel-taulukko. Kuvassa 12 esitetään tarkistuslistan peruseriaate. Taulukossa on ylhäällä revisiokenttä, jonka avulla voidaan seurata tehtyjä muutoksia. Tehtäviä kutsutaan työvaiheiksi, jotka ovat jaoteltuna eri aihealueisiin sekä tyyppeihin. Jokaiseen työvaiheeseen on mahdollista lisätä kommentteja. Kommentteihin voi kirjata esimerkiksi työvaiheessa testatut ratkaisut tai muita oleellisia tietoja, jotka voivat olla hyödyllisiä myöhemmin. Tärkein kenttä tarkistuslistassa on Tila-kenttä. Siihen suunnittelija merkitsee numeron:

- 2, jos työvaihe on suoritettu loppuun.
- 1, jos työvaiheessa on jotain epäselvyyksiä ja se tarvitsee erityistä huomiota
- 0, jos työvaihe ohitetaan kyseisen työlaitteen osalta

Jos työvaiheen Tila-kenttään merkitsee numeron 1, ei sitä lasketa suoritetuksi eikä se vaikuta edistymisprosenttiin. Vain numerot 2 ja 0 huomioidaan edistymisessä, koska silloin työvaihe on käsitelty loppuun. Edistymisen prosenttikentän tausta muuttuu punaisesta vihreäksi prosenttiluvun muuttuessa työlaitteen edistymisen mukana nolasta sataan.

3						
4	<b>Suunnittelijan check-listin muutokset</b>					
5	Päiväys	Muutokset				
6	1	7.10.20	Pohja luotu			
7	2					
8	3					
9						
10			Työlaite:	"koodi"		
11			Edistyminen:	3,85 %		
12	Nro	Tyyppi	Aihealueet	Työvaihe	Tila	Kommentit
13	1	Tee	Alkuseikka			
14	2	Tee	Alkuseikka		✓	
15	3	Tee	Alkuseikka		✗	
16	4	Tee	Suunnittelu		!	
17	5	Tee	Riskienarviointi			
18	6	Tee	Riskienarviointi			
19	7	Tee	Riskienarviointi			
20	8	Tee	Tekninen tiedosto			
21	9	Tarkista	Tekninen tiedosto			
22	10	Tarkista	3D-malli			
23	11	Tee	Suunnittelu			
24	12	Tee	Tekninen tiedosto			
25	13	Tee	Suunnittelu			
26	14	Tee	Suunnittelu			
27	15	Tee	Suunnittelu			
28	16	Tee	Suunnittelu			
29	17	Tarkista	Suunnittelu			
30	18	Tee	Dokumentointi			

**Kuva 12 Kuvakaappaus suunnittelijan tarkistuslistasta (työvaiheiden sisältö on sumennettu)**

Viimeinen tuotteistamisprosessin toimintaan liittyvä kehitysehdotus on yhteensopivuustietojen kerääminen yhteen dokumenttiin tai tietopankkiin. Tällä hetkellä työlaitteen yhteensopivuustiedot ovat kerrottu vain teknisessä tiedostossa. Koska jokaisella työlaitteella on oma tekninen tiedosto, joudutaan kuormaajien ja työlaitteiden yhteensopivuudet keräämään yli sadasta eri teknisestä tiedostosta. Aina, kun luodaan uusi kuormaajamalli, täytyy erikseen käydä päivittämässä satoja eri tiedostoja. Siksi olisi erittäin hyödyllistä kerätä oleelliset tiedot yhteen paikkaan, josta tietoja haetaan muualle. Pääidea tässä olisi tehokas muutosten hallinta. Yhden dokumentin päivittäminen riittäisi esimerkiksi teknisten tietojen ja kotisivujen tietojen päivittämiseksi.

## 5.2 Standardoidun rajapinnan määrittäminen

Työlaitteen ja kuormaajan välinen rajapinta haluttiin dokumentoida tarkasti. Syy tähän on yksinkertainen. Dokumentoimaton ja määrittelemätön rajapinta on aiheuttanut ongelmia uusien kuormaajien julkaisussa. Uusimman kuormaajan etulevy on muun muassa ollut epäsoviva joidenkin työlaitteiden pikakiinnityskorvakkeisiin. Työlaitteen ja kuormaajan välisen rajapinnan

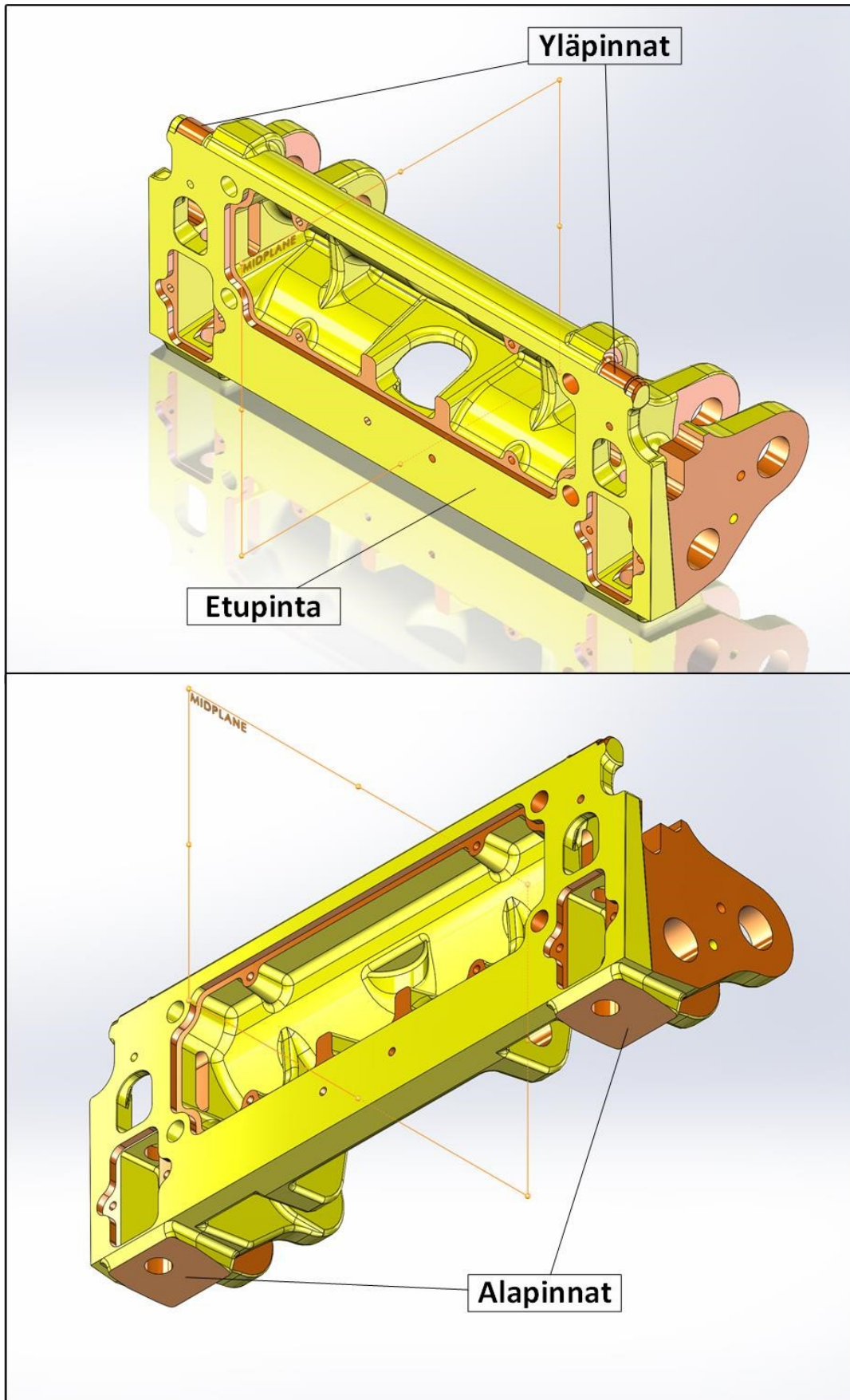
määrittely alkoi etulevyjen ja pikakiinnityskorvien tutkimisella. Tuotannossa on käytössä neljä erilaista kuormaajan etulevyä. Niistä kaksi ovat hitsattuja etulevyjä ja loput kaksi ovat valuvalmisteisia. Nimenomaan uudet valuetulevyt ovat aiheuttaneet hankaluuksia, sillä valuvalmisteiset etulevyt täytyy muotoilla eri tavalla kuin hitsatut versiot.

Pikakiinnityskorvakkeita sen sijaan löytyi yhdeksän kappaletta. Pikakiinnityskorvakkeet kuitenkin pystyttiin lajittelemaan koukkumuotoiluiltaan kolmeen eri kategoriaan. Halvin ja yleisin käytetty pikakiinnityskorvake on lattateräs taivutettu versio. Sen sijaan järeämpiin työlaitteisiin on suunniteltu paksusta levystä leikattuja versioita. Kolmantena koukkutyypinä ovat taotut korvakkeet. Taotut korvakkeet ovat tarkoitettu suurempia voimia välittäviin työlaitteisiin.

### **5.2.1 Etulevyjen standardointi**

Etulevyjen määrittely alkoi sillä, että kaikkien tuotannossa olevien etulevyjen 3D-mallit laitettiin päällekkäin yhteen kokoonpanoon. Etulevyt keskitettiin samaan paikkaan pystysuunnassa taasaamalla etulevyjen alapinnat samaan tasoon. Pituussuunnassa etulevyt tasattiin niiden etupintojen kanssa ja leveysuunnassa etulevyn keskitason mukaan. Kuvassa 13 on esiteltyä asemoinnissa käytetyt pinnat. Keskitaso on kuvassa nimeltään "MIDPLANE". Tämän jälkeen kokonpanosta luotiin piirustus, johon dokumentoitiin yhteensopivuuden kannalta kriittiset mitat etulevynipun uloimpien pintojen mukaan. Nämä mitat määritettiin merkitseviksi mitoiksi uuden koneen suunnittelussa. Mikäli uuden koneen suunnittelussa ylitetään tällainen merkitsevä mitta, voidaan olettaa, että yhteensopivuudessa tulee ongelmia. Jos merkitsevä mitta on välttämätöntä ylittää, täytyy yhteensopivuus tarkistaa perusteellisesti. Jos voidaan luotettavasti todistaa, että merkitsevän mitan ylittäminen ei aiheuta ongelmia yhteensopivuudessa, voidaan uusi mitta merkitä revisiokomenttien kanssa määrittelydokumenttiin.





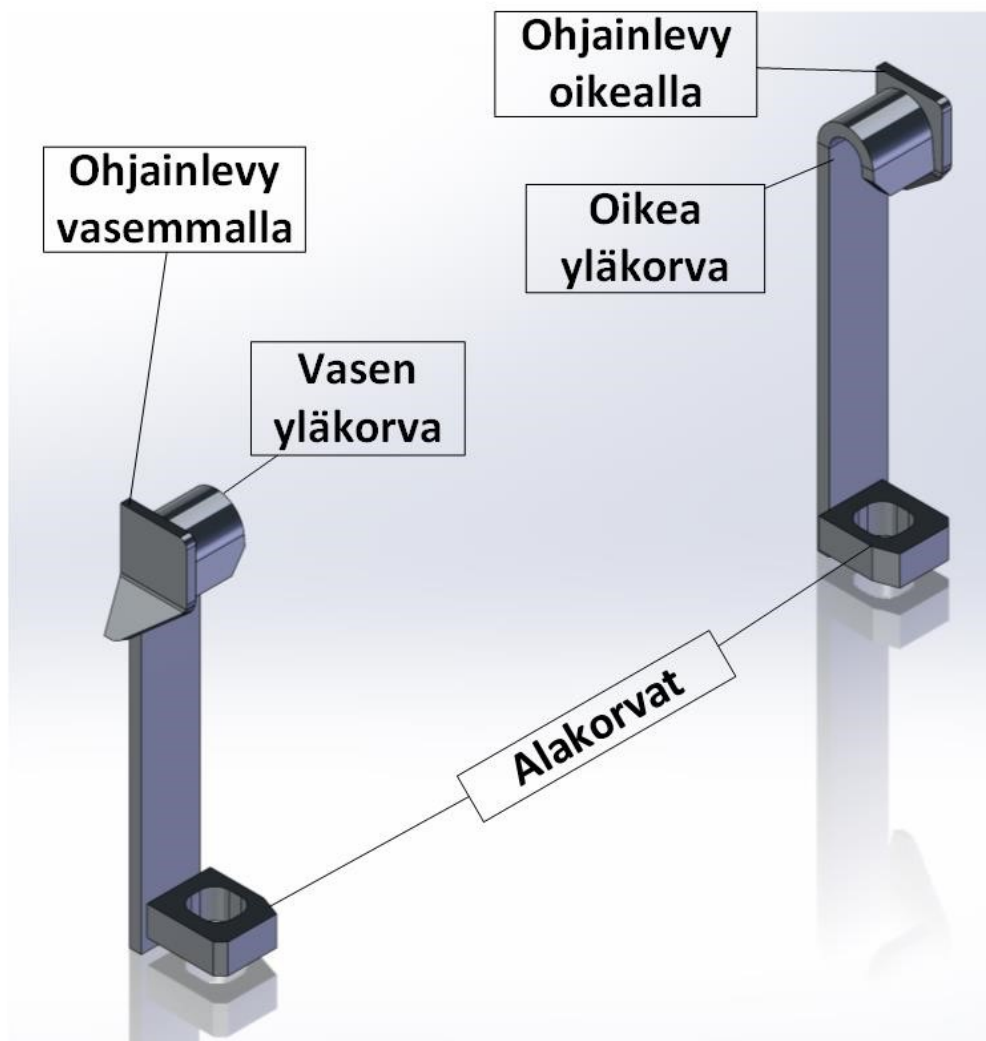
**Kuva 13 Etulevyjen asemoinnissa käytetyt pinnat esitettynä valuetulevyssä. Kuvassa on merkittynä myös pikakiinnityskorvakkeisiin koskevat yläpinnat**

Etulevyn mittojen määrittämisen aikaan, samaan kokoonpanoon lisättiin myös niin sanottu muutoksen jäädytysvyöhyke pintamallina. Tämän pintamalli voidaan asettaa uuden etulevyn suunnitteluvaiheessa etulevyn malliin, ja siitä nähdään, millä alueella muutoksia ei saa tehdä. Muutoksen jäädytysvyöhyke perustuu pikakiinnityskorvakkeiden tarvitsemaan tilaan. Osittain muutoksen jäädytysvyöhyke on tässä tapauksessa pikakiinnityskorvakkeiden asettama tilavarausmalli etulevyjen suuntaan.

### **5.2.2 Pikakiinnityskorvakkeiden standardointi**

Myös etulevyn vastakappaleet, pikakiinnityskorvakkeet, täytyy määritellä. Pikakiinnityskorvakkeet koostuvat joko neljästä tai viidestä eri osasta. Osat näkyvät selvästi kuvassa 14. Perusosat ovat yläkorva, alakorva, ohjainlevy vasemmalle puolelle ja ohjainlevy oikealle puolelle. Muutamissa pikakorvakkeissa yläkorvista on jouduttu tekemään molemmille puolille omat versionsa yhteensopivuuden varmistamiseksi valuetulevyjen kanssa.

Yläkorva on yleensä näistä pisin osa, jonka yläosassa on koukun mallinen taivutus. Etulevyn pyöreä yläpinta asetetaan koukun alapintaan työlaitteen kiinnityksessä. Yläkorvan pitkän rungon alapäähän hitsataan kiinni alakorva. Tällä hetkellä tuotannossa on vain yhdenmallinen alakorva. Pikakiinnityskorvakkeiden koukkurakenteen korkeudelle hitsataan ohjainlevyt, joiden tarkoituksena on ohjata kuormaajan etulevy pikakiinnityskorvakkeisiin. Lisäksi ohjainlevyt tukevat yläkorvan rakennetta, jotta se kestää suurempia voimia vääntymättä.



**Kuva 14 Yleisimmin käytetyt pikakiinnityskorvakkeet osaselitteillä**

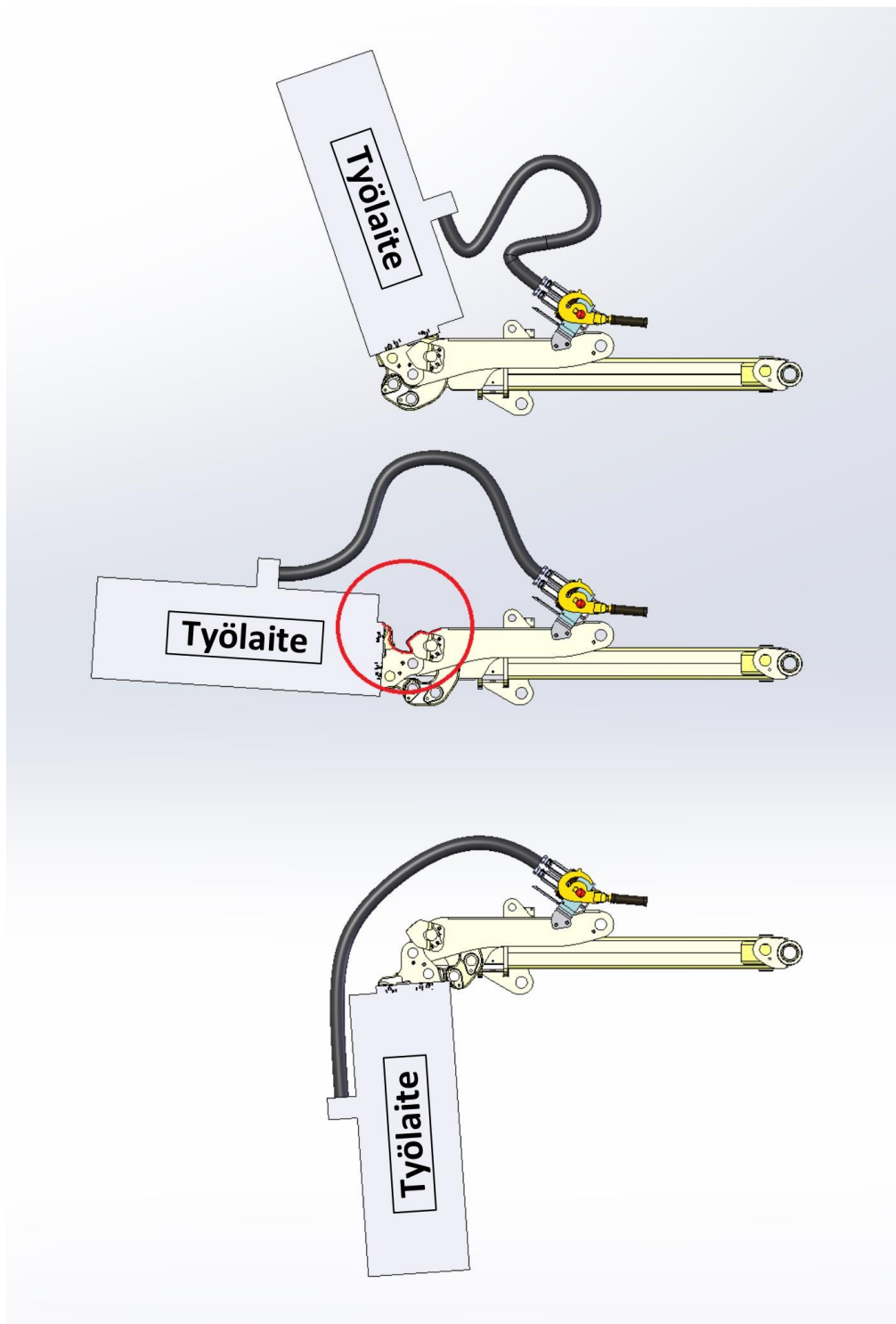
Pikakiinnityskorvakkeet määriteltiin siten, että aluksi käytiin läpi jokainen työlaite ja kirjattiin ylös, mitä pikakiinnityskorvakkeita kyseisessä työlaiteessa käytettiin. Kuten jo aikaisemmin on mainittu, eri koodilla olevia pikakiinnityskorvakkeita löytyi yhdeksän kappaletta, jotka pystyttiin lajittelemaan kolmeen eri kategoriaan koukun muodon mukaan. Pikakiinnityskorvakkeiden mitoissa, toleransseissa ja hitsausmerkinnöissä huomattiin paljon eroavaisuuksia keskenään. Näihin vaihtelevuuksiin haluttiin puuttua, joten jokaisen pikakiinnityskorvakkeen valmistuskuvat käytiin läpi ja taulukoitiin etulevyn kanssa yhteensopivuuden kannalta oleelliset mitat ja toleranssit. Myös hitsausmerkkejä taulukoitiin siinä määrin, mikä oli järkevää.

Taulukoinnin jälkeen, pikakiinnityskorvakkeiden ylä- ja alakorville määritettiin tarkat mitat, jotka ovat käytössä jatkossa. Lisäksi määritettiin tarkkoja hitsaukseen liittyviä mittoja, kuten yläkorvan koukun ja alakorvan etäisyys. Tämän mitan on oltava linjassa etulevylle määritetyn korkeuden kanssa, jotta etulevy asettuu hyvin korvien väliin. Yläkorvan koukun ja alakorvan välisessä mitassa ja toleranssissa oli yllättävän paljon eroavaisuuksia ennen yhdenmukaista-

mista. Lisäksi määritettiin alakorvien sekä yläkorvien välinen etäisyys toisistaan leveyssuunnassa. Koska tähän uuteen pikakiinnityskorvakkeiden määrittelydokumenttiin kerättiin kaikki olemassa olevat pikakiinnityskorvakkeet, voi uuden työlaitteen suunnittelija voi tarkistaa, löytyykö käyttökohteeseen sopivia pikakiinnityskorvakkeita valmiiksi. Mikäli mikään olemassa olevista korvakkeista ei sovi suoraan, voi dokumentissa olevien määrittävien mittojen pohjalta suunnitella uudet pikakiinnityskorvakkeet, jotka tulevat sopimaan kuormaajiin edeltäjiensä mukaisesti. Uudet pikakiinnityskorvakeversiot täytyy lisätä määrittelydokumenttiin, jotta kaikki tuotannossa olevat pikakiinnityskorvakkeet voidaan löytää helposti.

### **5.2.3 Ryhmäpikaliittimen paikan vakiointi**

Kolmas merkitsevä tekijä kuormaajan ja työlaitteen yhteensopivuudessa on Faster-ryhmäpikaliittimen paikka kuormaajassa. Koska ryhmäpikaliittimen teline on kiinteästi kiinni kärkipuomissa, täytyy työlaitteelle menevän sähköjohto- ja hydrauliletkunipun olla riittävän pitkä yltääkseen työlaitteen kaukaisimmassakin asennossa. Letkut ja johdot eivät kuitenkaan saa olla liian pitkiä. Kuvassa 15 on hahmoteltuna työlaitteen ja kuormaajan välissä liikkuvan kaapelinipun eri asennot. Jokaisessa esimerkiasennossa musta kaapelinippu on saman pituinen. Kahdessa ylimmässä tilanteessa kaapelinippu ei todellisuudessa tee silmukkaa ylöspäin varsinkaan kuumilla öljyillä, vaan kaapelinippu pyrkii tekemään kuvassa näkyvän ylimääräisen lenkin vaakatasossa. Tällöin liian pitkä kaapelinippu voi helposti kulkea punaisella merkitylle alueelle etulevyn ja puomin väliin. Sopivan mittaisella kaapelinipulla riski on paljon pienempi. Tämän takia on tärkeää, että kaikissa kuormaajamalleissa olisi ryhmäpikaliitin samassa paikassa ja kaikissa kuormaajissa voitaisiin käyttää samanpituisia työlaitteen hydrauliletkuja.



**Kuva 15 Esimerkkikuva hydrauliletkujen ja sähköjohtojen kaapelinipun asennoista etulevyn eri asennoissa. Punaisella merkitty alue saattaa leikata kaapelinipun huonossa tapauksessa.**

Ryhmäpikaliittimien telineiden sijainnit selvitettiin asettamalla jokaisen kuormajamallin kärkipuomi samalla tavalla päällekkäin sekä lisättiin ryhmäpikaliittimen telineet omille paikoilleen. Puomit asetettiin etulevyjen niveltien mukaan samaan kohtaan. Kolmen vanhemman kuormajasarjan ryhmäpikaliittimien telineet olivat lähes samassa paikassa ja kulmassa. Uusimmassa

kuormaajamallissa teline sen sijaan oli kymmeniä senttejä eri paikassa. Tässä vaiheessa uuden kuormaajan kohdalla telinettä ei voida enää siirtää samalle paikalle kuin aiemmissa kuormaajamalleissa, sillä teline osuisi uudessa kuormaajassa eturenkaaseen. Vastaisuuden varalle telineelle määrättiin tietty paikka, joka voidaan huomioida paremmin uusia kuormaajamalleja suunniteltaessa.

### 5.3 Tilavarausmallin luominen työlaitesuunnittelua varten

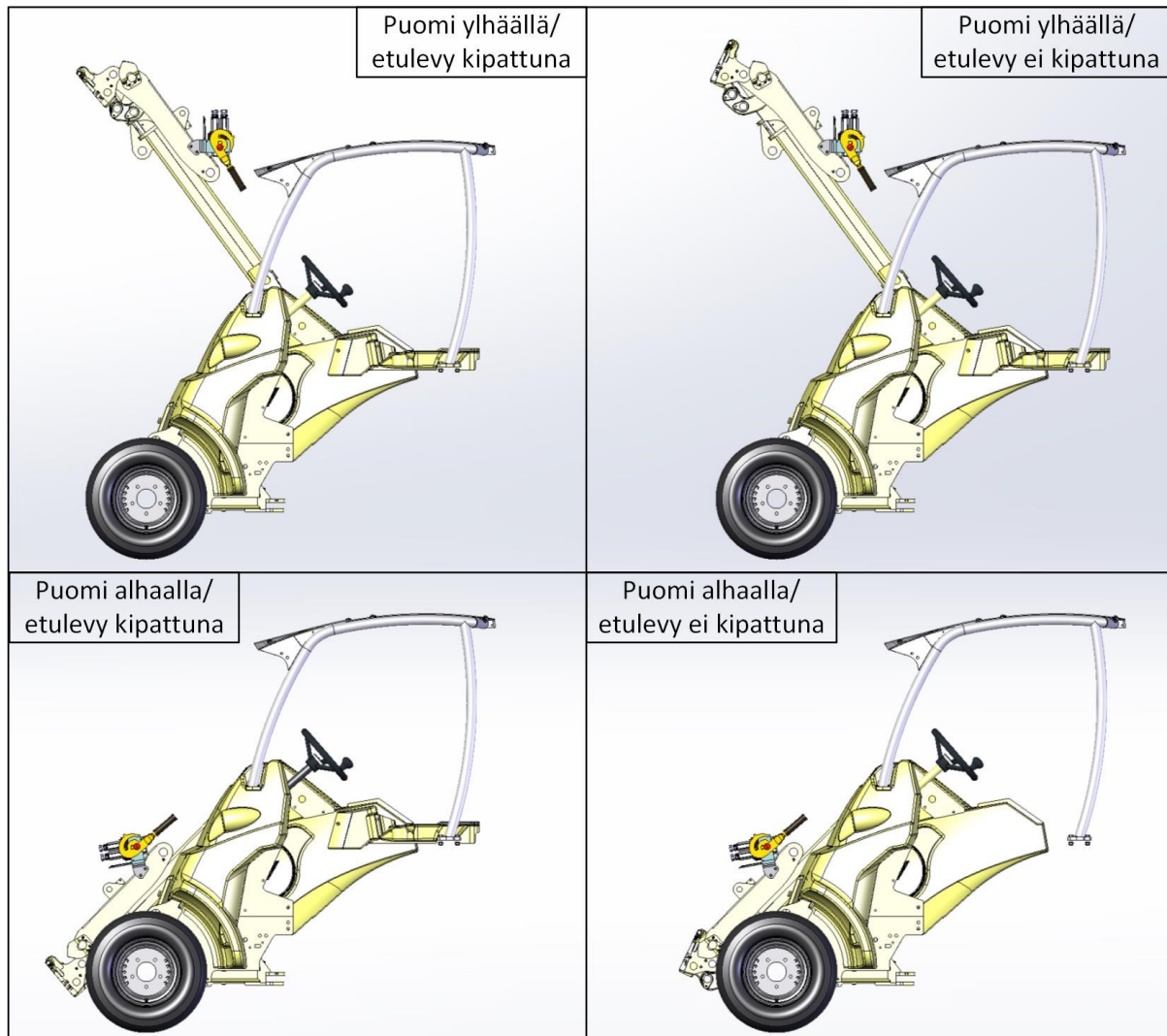
Työlaitesuunnitteluun haluttiin kehittää suunnitteluaputyökalu, joka auttaa suunnittelijaa ylläpitämään halutut mekaaniset yhteensopivuudet suunnittelun alusta asti. Tätä varten työlaitesuunnitteluun kehitettiin tilavarausmalli, joka pitää sisällään jokaisen kuormaajamallin uloisimmat pinnat eri ääriasennoissa. Tämä tilavarausmalli ehkäisee huolimattomuudesta tai tietämättömyydestä johtuvat törmäystilanteet työlaitteen ja kuormaajan kanssa ääriasennoissa.

Tilavarausmallien kohdalla täytyi kuitenkin tehdä yksinkertaistus. Suurin osa kuormaajasarjoista on varustettu hydraulisella vakaajalla. Tämän vuoksi etulevy on mahdollista kääntää niin sanottuihin ylikulmiin. Puomin ollessa alhaalla, etulevy on mahdollista kääntää kuormaajan eturunkoa päin renkaiden välissä. Toinen ääripää ylikulmien suhteen on puomin ollessa ylhäällä. Silloin etulevy voidaan kääntää liikaa taaksepäin. Nämä ylikulmat päätettiin jättää huomioimatta, jotta tilavarausmallista saadaan järkevän oloinen. Ylikulmien kanssa tilavarausmallin mukaan minkäänlainen työlaite ei tulisi sopimaan kuormaajan etulevyyn.

Ylikulmat rajattiin pois kuvitteellisen mekaanisen vakaajan avulla. Kuvitteelliselle mekaaniselle vakaajalle määritettiin aluksi tietty asento. Puomin ollessa alhaalla ja etulevyn ollessa käännettynä ylös kuormaajaa kohti, mitattiin etulevyn etupinnan ja kuormaajan eturungon vaakasuuntaisen pinnan välinen kulma. Tämän jälkeen tätä kulmaa käytettiin maksimikäntökulmana puomin ollessa ylhäällä. Tällä tarkastelulla saatiin poistettua ylikulma puomin ollessa ylhäällä. Samanlainen enimmäiskulma määritettiin myös etulevyn kippausuuntaan puomin ollessa ylhäällä ja etulevyn ollessa täysin kipattuna alaspäin. Enimmäiskulmaksi asetettiin jälleen etulevyn etupinnan ja kuormaajan vaakasuuntaisen pinnan kulma. Tätä kulmaa käytettiin maksimikippauskulmana myös puomin ollessa alhaalla. Tällä tavalla saatiin poistettua epäkäytännölliset ylikulmat molemmista ääriasennoista.

Etulevylle löydettiin neljä ääriasentoa, joita pidettiin hyödyllisinä mallintaa. Löydetyt ääriasennot näkyvät kuvassa 16. Kaksi ensimmäistä ääriasentoa ovat puomin ollessa ylhäällä ja etulevyn ollessa joko käännettynä täysin alas päin tai ylöspäin. Puomin ollessa ylhäällä ja etulevyn ollessa käännettynä täysin alaspäin kippausasentoon, täytyy huomioida puomin alapinnat sekä siellä olevat etulevyn kääntömekanismit. Myös puomin nostosylinteri täytyy huomioida tässä asennossa. Kun etulevy käännetään täysin ylös ja puomin ollessa ylhäällä, täytyy varoa,

ettei käyttäjä voi helposti esimerkiksi pudottaa kauhasta materiaalia ohjaamon ja itsensä päälle. Loput kaksi ääriasentoa ovat puomin ollessa alimmassa asennossa. Kun puomi on alimmassa asennossa ja etulevy on käännettynä täysin alaspäin eli kipattuna, täytyy huomioida, ettei työlaite riko renkaita eikä osu puomin mekanismeihin tai eturunkoon. Toinen ääriasento puomin ollessa alhaalla on luonnollisesti silloin, kun etulevy on käännettynä täysin ylöspäin. Tällöin täytyy huomioida, ettei työlaite törmää puomiin tai sen päällä oleviin letkuihin yläkautta.



**Kuva 16 Löydetyt ääriasennot, joita pidettiin järkevinä mallintaa tilavarauksmallissa**

Tilavarauksmallin luominen aloitettiin sillä, että katsottiin jokaisen tuotannossa olevan koneen valmistuskuvat ja kerättiin tiedot käytössä olevista kuormaajarungoista, puomeista, etulevyistä sekä ohjaamoista. Ensimmäisessä tilavarauksmallin versiossa malliin tuotiin kuormaajan pääkoonpano. Tämän jälkeen kuormaajasta tehtiin neljä erilaista konfiguraatiota eri asennoissaan. Pian kuitenkin huomattiin, että mallista tuli aivan liian raskas ja vaikeakäyttöinen, sillä

sen avaamisessa kesti useita minuutteja. Lisäksi työlaitemallin kääntely ja yhteensopivuuden tutkiminen oli todella hidasta, joten tällaisen mallin käyttö olisi ollut hyvin epämiellyttävää.

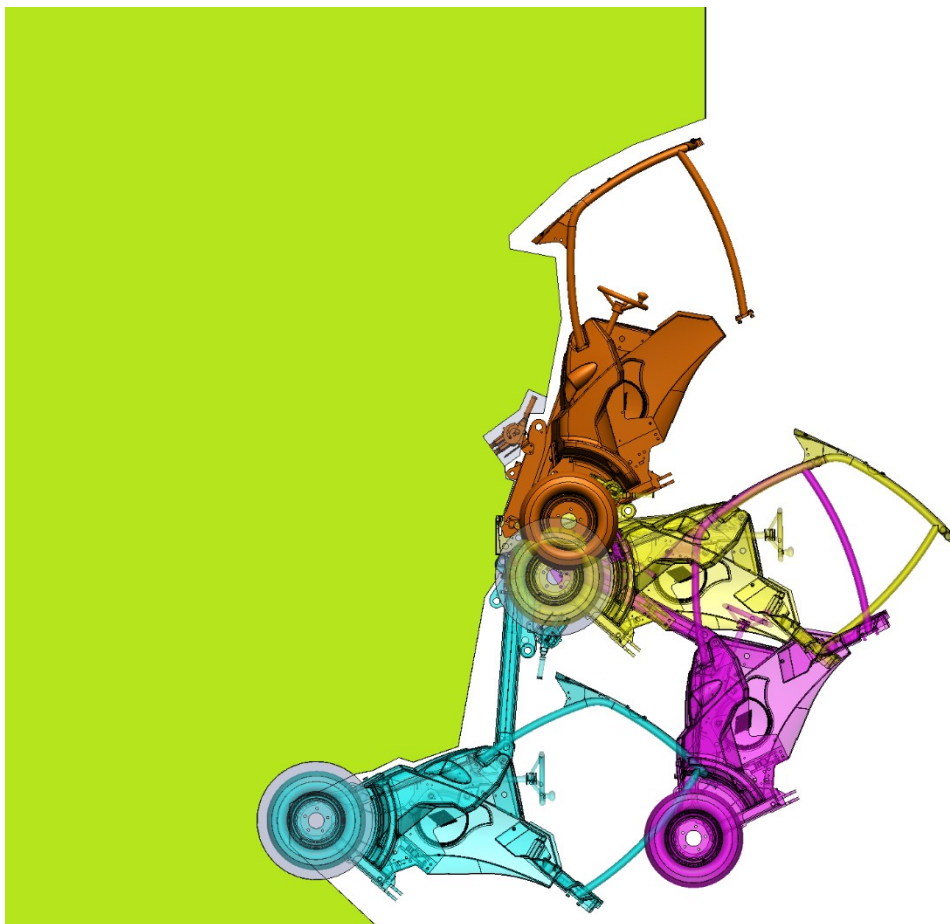
Seuraavaksi koitettiin suunnitteluohjelmanä käytetyn Solidworks-ohjelman Speedpak-ominaisuutta, joka keventää suuret mallit pelkkiin graafisiin malleihin. Tämä kokeilu ei kuitenkaan toiminut, sillä Speedpak-version pintoja ei voinut valita yhdistämiskomentoa (Mate-komentoa) varten. Mikäli yhdistämiseen käytettävät pinnat haluttiin mukaan, ne piti valita manuaalisesti ennen Speedpak-muunnosta. Vaikka vain halutut pinnat valittiin manuaalisesti ja konfiguraatiot saatiin tehtyä Speedpak-mallista, oli tilavarausmalli edelleen liian raskas käytettäväksi työlaitemallissa.

Lopulta paras ratkaisu oli sellainen, että jokaisesta kuormaajasta tehtiin aluksi kokoonpano, johon tuotiin kuormaajan pääkokoonpano. Tämä kokoonpano nimettiin tyylillä ”\_x\_sarjan\_etulevyasennot”. Sen jälkeen kuormaajan pääkokoonpanosta piilotettiin kaikki muut, paitsi etulevyn yhteensopivuudessa vaikuttavat uloimmat osat, kuten eturunko, ohjaamo, eturenkaat ja katteet. Jotta malliin saatiin luotua liikkuva etulevy ja puomi, täytyi malliin tuoda erikseen etulevy ja riittävä määrä puomin osia. Kuormaajan pääkokoonpanoista ei ole tehty liikuteltavia malleja, koska ne olisivat liian raskaita käyttää. Kun kuormaajasta oli kaikki epäoleellinen piilotettuna ja puomista oli tehty liikkuva, tehtiin kokoonpanoon neljä erilaista konfiguraatiota etulevyn eri asennoista. Asennot olivat aiemmin mainitut ääriasennot:

1. puomi ylhäällä ja etulevy kipattuna alas
2. puomi ylhäällä ja etulevy käännettynä ylös puomia kohti
3. puomi alhaalla ja etulevy kipattuna alas
4. puomi alhaalla ja etulevy käännettynä ylös kuormaajaa kohti

Tämän jälkeen luotiin uusi kokoonpano, joka nimettiin tavalla ”\_x\_sarjan\_tilavarausmalli\_raskas”. Tähän kokoonpanoon tuotiin irrallinen kuormaajasarjan etulevy sekä neljä erillistä kokoonpanoa ”\_x\_sarjan\_etulevyasennot”. Jokaisen etulevyasentokokoonpanon etulevy asetettiin samaan pisteeseen muiden kanssa ja jokainen oli eri konfiguraatiossa. Kuvasta 17 nähdään, miten kuormaaja asettuu etulevyn suhteen eri ääriasennoissa.





**Kuva 17 Kuormaajien neljä eri ääriasentoa. Etulevyt on kiinnitetty samaan pisteeseen. Vihreä alue näyttää, minne työlaitteen voi suunnitella ilman mekaanista yhteensopivuusongelmaa kuormaajan kanssa.**

Koska tämä kuormaajat sisältävä malli itsessään on melko raskasta liikutella ja hidasta avata, pyysivät työlaite suunnittelijat kevyemmän version tilavarauksmallista. Pyyntö ratkaistiin sillä, että raskaaseen tilavarauksmalliin lisättiin tyhjä kappale, joka nimettiin tavalla ”\_x\_sarjan\_tilavarauksmalli\_kevyt”. Siihen piirrettiin kuormaajien ulkopinnat karkealla tasolla. Piirretty pinta-malli on vihreän alueen oikea reuna. Kuvasta 17 nähdään, että mekaanisen yhteensopivuuden kannalta kriittisimmät kohdat kuormaajan ja työlaitteen yhteensopivuuden kannalta ovat pyörät, puomiston ulkorajat, ohjaamon etuseinä ja katto sekä ryhmäpikaliittimen teline.

Lisäksi työlaite suunnittelijat pyysivät yhdistämään kaikki kevyet tilavarauksmallit yhteen kokoonpanoon, jotta voisi tarkastella kaikki kuormaajasarjat kerralla kevyellä tilavarauksmallilla. Kevyestä tilavarauksmallikokoonpanosta voi halutessaan piilottaa sellaiset kuormaajasarjat, joiden kanssa yhteensopivuutta ei tarvitse tarkastella. Mikäli työlaitteen suunnittelussa joudutaan välttämättä ylittämään kevyen tilavarauksmallin osoittama ääripinta, on ylityksen konkreettinen haitta helppo tarkistaa tuomalla työlaitteen kokoonpanoon raskas tilavarauksmalli. Raskaasta tilavarauksmallista nähdään, mihin kuormaajan osaan työlaite törmäisi. Samalla näh-

dään selvemmin, missä ääriasennossa törmäys tapahtuisi. Tämän jälkeen voidaan pohtia törmäyksen aiheuttamia riskejä. Kuinka todennäköinen törmäys on? Mitä törmäyksestä voi aiheutua? Voiko kuljettaja loukkaantua törmäyksen takia? Suunnittelun lähtökohtana kuitenkin on, ettei työlaitteella ei voida aiheuttaa vahinkoa kuljettajalle tai kuormaajalle.

Tilavarausmallista haluttiin tehdä helposti päivitettävä alusta asti. Sen kehittämisen aikana tästä vaatimuksesta jouduttiin kuitenkin luopumaan, sillä varmasti toimivaa itsestään päivittyvää versiota ei pystytty luomaan. Suunnitteluohjelman stabiilius on ollut vaihtelevaa. Muutamien referenssitietojen hukkuessa, koko malli menee rikki. Referenssitiedot hukkuvat helposti, jos kappaleisiin luodaan uusia pintoja tai poistetaan vanhoja pintoja. Myös osien vaihtelu kokoonpanossa vaikuttaa sen referenssitietoihin. Tämän vuoksi päädyttiin melko manuaalisesti päivitettävään versioon. Manuaalisesti täytyy kuitenkin vain päivittää malli ja tarkistaa, että kuormaajan tärkeimmät osat ovat näkyvillä ja tarvittaessa muuttaa karkealla tasolla piirrettyjen ulkopintojen paikkaa.

## 5.4 Tulosten arviointi

Työn johdanto luvussa työn tavoitteeksi ilmoitettiin kohdeyrityksen toimintatapojen kehittäminen tuotteistamisprosessissa, jotta työlaitteiden ja kuormaajien yhteensopivuus hallitaan paremmin. Edellä mainittuun tavoitteeseen päästiin, sillä työlaitesuunnitteluun esitettiin monia uusia kehitysehdotuksia toimintatapoihin sekä kehitettiin aputyökaluja suunnitteluun. Konkreettisin toimintatapojen kehittäminen on tilavarausmallin luominen suunnittelun käyttöön. Lisäksi työlaitteen pikakiinnityskorvakkeet ja kuormaajien etulevyt on määritetty työn aikana. Jatkossa suunnittelijoilla on saatavilla määrittelydokumentti, johon he voivat perustaa suunnittelunsa. Myös ryhmäpikaliittimen paikka on vakioitu seuraaviin kuormaajamalleihin.

Kun mietitään tulosten luotettavuutta, ainakin luotuja määrittelydokumentteja voidaan pitää luotettavina, sillä kaikki mitoitukset perustuvat käytössä oleviin 3D-malleihin. Tilavarausmalleihin sen sijaan täytyy suhtautua varauksella, sillä etulevyjen ylikulmat päätettiin jättää mallintamatta. Erikoistilanteessa suunnittelijan täytyy tarkistaa yhteensopivuus fyysisesti oikeilla koneilla tai rakentamalla sopiva 3D-malli kyseiseen tilanteeseen.

Tutkimuskysymykseen 1.2 liittyen saatiin vain kaksi vastausta teollisuudesta. Ensimmäisessä teollisuuden lähteessä ei ollut käytössä mitään tiettyjä yhteensopivuuksien tai rajapintojen hallintakeinoja, joita he tietoisesti noudattaisivat. Tehdyn haastattelun perusteella yritys näytti kuitenkin noudattavan osittain dokumentoidun standardoidun rajapinnan käytäntöä (Päivärinta 2020). Myöskään toisessa yrityksessä rajapintoja tai yhteensopivuuksia ei toistaiseksi hallittu tietyn systemaattisen prosessin mukaan. He olivat vasta aloittaneet systemaattiseman lähestymistavan rajapintojen hallintaan hyödyntämällä Brownfield-prosessia (Lehtinen

2020). Brownfield-prosessissa nykyisestä tuoteperheestä muutetaan modulaarinen. Pakkanen (2015) esittää Brownfield-prosessin koostuvan kymmenestä eri askeleesta, jotka ohjeistavat aloittamaan modulaarisuuden rakenteen luomisen liiketoimintastrategioista lähtien. Brownfield-prosessia on hyödynnetty myös monissa muissa yrityksissä viime vuosien aikana julkaistujen diplomitöiden perusteella. Julkaisuarkistosta Trepo löytyy hakusanalla ”Brownfield” useita diplomitöitä, joissa aiheena on ollut Brownfield-prosessin soveltaminen kohdeyrityksen toimintaan. Saatujen kahden vastauksen perusteella ei kuitenkaan voida vetää tarkkoja johtopäätöksiä tai yleistää teollisuuden tilannetta aiheen osalta.

Käydään vielä kootusti läpi vastaukset eri tutkimuskysymyksiin:

### 1. Mitkä ovat parhaat käytännöt yhteensopivuuden hallintaan kirjallisuudessa?

- Mikäli yrityksessä ei ole modulaarista tuoteperhettä valmiiksi, paras käytäntö on todennäköisesti Brownfield-prosessin hyödyntäminen. Muussa tapauksessa tutkimuskysymyksen 1.1 vastauksissa lukevat käytännöt ovat parhaita.

#### 1.1 Mitkä ovat parhaat käytännöt suunnittelutieteissä?

- Parhaat löydetyt käytännöt ovat tilavarausmallien teko, muutoksien jäädytysvyöhykkeiden käyttäminen, dokumentoidun standardoidun liittytapintojen käyttäminen sekä maxi-mallit

#### 1.2 Mitkä ovat parhaat käytännöt valmistavassa teollisuudessa?

- Kahden teollisuuslähteen perusteella käytössä olevia yhteensopivuuden hallintakäytäntöjä ovat dokumentoitu standardoitu rajapinta sekä Brownfield-prosessin hyödyntäminen. Kahden lähteen perusteella ei kuitenkaan voida vetää tarkkoja johtopäätöksiä teollisuudessa käytössä olevista parhaista käytännöistä.

### 2. Mistä kaikesta työlaitteen ja kuormaajan yhteensopivuuden hallinta koostuu?

- etulevyn ja pikakiinnityskorvakkeiden mekaanisesta yhteensopivuudesta
- työlaitteen painosta sekä painopisteen sijainnista
- työlaitteen hydraulivaatimuksista sekä kuormaajan hydraulivalmiuksista,
- hydrauliletkujen ja sähköjohtojen sopivuudesta (pituus ratkaisevana tekijänä)

### 3. Mitkä ovat suurimmat haasteet tällä hetkellä yhteensopivuuksien hallinnassa?

- Yrityksellä on suuri määrä erilaisia etulevyjä ja pikakiinnityskorvakkeita, mutta niille ei ole dokumentoitua rajapintaa.

- Uudet etulevyt eivät ole sopineet olemassa oleviin pikakiinnityskorvakkeisiin, minkä takia työlaitteita ja etulevyjä on mennyt rikki.
4. Mitä tarpeita yhteensopivuuden hallinta aiheuttaa tuotteistamisprosessiin?
- Tuotteistamisprosessin alusta lähtien työlaitteelle pitää olla määritettynä tavoiteyhteensopivuus kuormaajien kanssa. Työlaitteen suunnitteluvaiheen toimintatapoja pitää yhtenäistää.
5. Mitkä yhteensopivuuksien hallintakeinot sopivat parhaiten kohdeyrityksen tuotteistamisprosessiin?
- Parhaiten yrityksen tuotteistamisprosessiin sopivat tilavarausmallit, dokumentoidut standardoidut liityntäpinnat sekä muutosten jäädytysvyöhykkeet

## 6. YHTEENVETO

Tässä työssä mallinnettiin työlaitteiden tuotteistamisprosessi virtausmallia käyttäen. Nykytilavirtausmallista huomattiin, että riskien arviointi tehdään liian myöhään. Työlaitteen riskien arviointi täytyy jatkossa aloittaa heti sen ollessa mahdollista ja järkevää, eli työlaitteen ensimmäisten hahmottelujen jälkeen. Nykytilavirtausmalliin yhteensopivuuden kannalta oleellisena kehitysehdotuksena esitettiin alkuspesifikaation tarkempi määrittely. Työlaitteen ja kuormaajien yhteensopivuuden hallinta paranisi huomattavasti, kun työlaitteelle asetetaan tavoiteltu yhteensopivuus eri kuormaajien kanssa heti alussa. Alussa määritetty yhteensopivuusvaatimus asettaisi suunnittelulle selkeämmät rajat esimerkiksi hydraulikomponenttien suhteen. Aikaisemmin työlaitteet on pyritty suunnittelemaan niin, että ne sopivat kaikkiin kuormaajiin, jos muuta ei mainita.

Työlaitteen tuotteistamisprosessin työvaiheita yhtenäistettiin luomalla työlaite-suunnittelijoille tarkistuslista. Listaan koottiin kaikki työlaitteen suunnittelussa ja tuotteistamisessa olevat tärkeät työvaiheet, jotka täytyy muistaa tehdä lainsäädännöllisten vaatimusten täyttämiseksi sekä suunnittelulaadun varmistamiseksi. Tarkistuslistan avulla suunnittelijat voivat varmistua siitä, että he ovat muistaneet tehdä kaikki tärkeät tehtävät. Tarkistuslista on hyödyllinen myös uusille suunnittelijoille, kun he opettelevat yrityksen toimintatapoja.

Työlaitteen ja kuormaajan yhteensopivuuden hallintaa lähdettiin parantamaan myös määrittelemällä niiden välinen rajapinta. Aikaisemmin rajapintaa ei olla dokumentoitu millään tavalla ja se on päätenyt nykyiseen muotoonsa ajan kuluessa. Kun kuormaaja- ja työlaitemallistot ovat kasvaneet suuriksi, ei määrittelemätön rajapinta ole enää toiminut kaikissa tapauksissa. Tutkimuksessa työlaitteen ja kuormaajan rajapinnasta löydettiin kolme eri vaikuttavaa tekijää. Ne olivat etulevy, työlaitteiden pikakiinnityskorvakkeet sekä ryhmäpikaliittimen paikka. Etulevyt koottiin yhteen määrittelydokumenttiin, johon merkittiin kaikki pikakiinnityskorvakkeiden kannalta oleelliset mitat. Näin ollen tulevaisuudessa uuden kuormaajan käyttöönotossa ei pitäisi tulla ongelmia yhteensopivuuden kannalta.

Myös kaikki käytössä olevat pikakiinnityskorvakkeet selvitettiin ja koottiin yhteen määrittelydokumenttiin. Siinä jokaiselle pikakiinnityskorvaketyypille määritettiin yhtenäistetyt mitat etulevysopivuuden kannalta. Ryhmäpikaliittimen paikka vakioitiin, jotta sekään ei aiheuta eroavaisuuksia yhteensopivuuden kannalta hydraulikan ja sähköjen kytkemisessä.

Kolmas merkittävä yhteensopivuuden hallinnan parannus tehtiin tilavarausmallien muodossa. Jokaisesta kuormaajasta tehtiin tilavarausmalli, jota voidaan käyttää työlaitteen suunnitte-

lussa. Tilavarausmalli näyttää, minkälaisen fyysisen tilan tietty kuormaajamalli vaatii. Tilavarausmallia käyttäessä työlaitetta ei pitäisi pystyä suunnittelemaan vahingossa törmäämään kuormaajaan.

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDESUOSITUKSET

Tutkimuksen teoriaosuus esittelee muutamia erilaisia yhteensopivuuden hallintakeinoja. Tutkimuksen aloitusvaiheessa uskottiin niitä löytyvän huomattavasti enemmän. Yhdessä lähteessä (Lehtonen et al. 2020b) kuitenkin todettiin, ettei nimenomaan rajapintojen hallintaan ole vielä julkaistuja teorioita vaan pelkkiä käytäntöjä. Näitä tutkimuksessa esitettyjä käytäntöjä voidaan soveltaa hyvin varsinkin fyysisten modulaaristen tuotteiden yhteensopivuuksien tai rajapintojen hallintaan.

Tutkimusstrategian valinta vaikuttaa onnistuneelta. Kirjallisuus- ja tapaustutkimus sopivat tähän tutkimukseen hyvin. Tutkimuksen tekemisen osalta olisi alun pohjatietojen keräämistä kannattanut rajata hieman lyhyemmäksi. Alun muutamat ensimmäiset kuukaudet kuuluivat kokonaan tutkimuksen jäsentämiseen ja taustatietojen hankintaan. Erityisen haasteellista lähteiden hankinnassa oli virtausmalliin sekä rajapintojen hallintaan liittyvien hyvien lähteiden löytäminen. Ohjelmistojen rajapintoihin liittyviä lähteitä löytyi paljon. Mekaniikkasuunnitteluun sen sijaan niitä löytyi yllättävän vähän. Mikäli tapaustutkimuksen tekemisen olisi aloittanut aikaisemmin, olisi osannut myös hakea tarkemmin tietoa, jolloin lähdeaineiston kerääminen olisi ollut tehokkaampaa. Aikaa olisi myös jäänyt huomattavasti enemmän yrityksen toimintojen kehittämiseen, kun tutkimus olisi saatu suunnattua paremmin ensimmäisten kuukausien aikana.

Tulevaisuudessa yhteensopivuuksien hallintaan julkaistaan varmasti hyviä uusia käytäntöjä. Tällä hetkellä potentiaalisena mekaanisen rajapinnan vaihtoehtona on esimerkiksi etulevyn yhteydessä kiinnittyvä ryhmäpikaliitin. Tällöin kaikissa kuormaajissa olisi hydrauliiikka- ja sähköliittimet samassa paikassa, jolloin yhdenmittaiset johdot ja letkut sopisivat varmasti kaikkiin koneyhdistelmiin. Toinen teknologisempi vaihtoehto olisi työlaitteiden merkitseminen tunnisteella. Tällaisessa tavassa jokaiseen hydrauliseen sekä sähköiseen työlaitteeseen lisätään tunniste, jonka kuormaaja osaa lukea ryhmäpikaliittimen kautta. Kuormaajaan olisi valmiiksi tallennettuna hydrauliiikan ja liikkeiden osalta sallitut rajat.

Työlaitteen tunnistavalla järjestelmällä kuormaaja voitaisiin ohjelmoida toimimaan siten, ettei sillä ei voi rikkoa työlaitetta. Ohjelma voisi rajoittaa esimerkiksi kuormaajan tuottamaa maksimihydraulivirtausta tai estää etulevyn kääntämisen tiettyihin asentoihin. Tällä hetkellä teknologia on edellä mainitun järjestelmän vaatimalla tasolla, mutta toteutus on kallista sekä sen toiminta on aluksi epävarmaa. Kyseisten teknologioiden kehittymistä kannattaa kuitenkin säännöllisesti seurata.

Teknologioiden hurja kehittymistahti voi koitua jonkun hitaasti reagoivan valmistajan kohtaloksi, mikäli kilpailijat pystyvät integroimaan uudet teknologiat omiin tuotteisiinsa kilpailukykyisellä hinnalla. Näyttäisi siltä, että huipputeknologialla varustetut koneet ovat kuluttajien perusvaatimuksina tulevaisuudessa. Jo nykyisellään esimerkiksi traktoreissa käytetään automaattiohjausta peltotyöskentelyssä. GPS-paikannus on mahdollistanut tarkan automaattiohjauksen. Autonomisia koneita pyritään kehittämään myös metsäkoneisiin. Korkeat puut ja maaston muodot kuitenkin estävät tarkan GPS-paikannuksen, joten metsäkonepuolella apua autonomisten koneiden kehittämiseen on haettu konenäön puolelta. Konenäkö on laajasti käytössä valmistusteknologiassa, mutta sitä on saatu integroitua myös osittain autonomisesti ajaviin autoihin. Kameroiden, paikantimien, antureiden sekä tutkien avulla pystytään kuitenkin jo aika hyvin rakentamaan itsenäisiä päätöksiä tekeviä koneita.



# LÄHTEET

- Anttila, P. (2014). Tutkimisen taito ja tiedon hankinta. Metodix Oy. Saatavissa (viitattu 16.11.2020): <https://metodix.fi/2014/05/17/anttila-pirkko-tutkimisen-taito-ja-tiedon-hankinta>
- Ballé, M., Powel, D. & Yokozawa, K. (2019). Monozukuri, Hikozykuri, Kotozykuri. Planet Lean. Saatavissa (viitattu 10.9.2020): <https://planet-lean.com/monozukuri-hitozykuri-kotozykuri/>
- CE marking. Your Europe. European Commission. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 20.11.2020): [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index\\_en.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_en.htm)
- CECE (2012). Guidance on the classification of attachments to construction equipment for the machinery directive 2006/42/EC. Committee for European Construction Equipment.
- EU CE marking Directives. Alura Group. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 27.11.2020): <https://cemarking.net/eu-ce-marking-directives/>
- Favi, C. & Germani, M. (2012). A method to optimize assemblability of industrial product in early design phase: from product architecture to assembly sequence, International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), Vol. 6(3), pp. 155-169
- Förg, A., Stocker, J., Kreimeyer, M. & Lienkamp, M. (2014). Enabling modularization potentials by standardized vehicle layouts. Proceedings of NordDesign 2014 Conference, Espoo, Finland, August 27-29, 2014. Helsinki, Aalto Design Factory, pp. 754-764
- Harkonen, J., Haapasalo, H. & Hanninen, K. (2015). Productisation: A review and research agenda. International Journal of production economics. Vol.164, pp. 65-82
- Holmqvist, T. (2004). Managing Product Variety through Product Architecture. Chalmers tekniska högskola.
- Konedirektiivi 2006/42/EY: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta (uudelleenlaadittu). Euroopan unionin virallinen lehti 9.6.2006. Saatavissa (viitattu 21.11.2020): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A32006L0042>
- Korkman, O. & Greene, S. (2017). The changing relationship between people and goods. Sitra Studies 122. 49 p.
- Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction. Technical Research Centre of Finland, VTT Publication 408. 296 p.
- Kuula, A. (2006). Toimintatutkimus 5.4. kokonaisuudesta Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Saatavissa (viitattu 17.11.2020): <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/>
- KvantiMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tutkimusprosessi. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Saatavissa (viitattu 17.11.2020): <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/>

Law, J. (2016). A Dictionary of Business and Management (6 ed.) Oxford University Press. 672 p.

Lehtinen, J. (2020). Diplomi-insinööri. Suunnittelujohtaja. Bronto Skylift Oy Ab. Sähköpostikeskustelu 21.09. - 5.10.2020.

Lehtonen, T., Pakkanen, J., Juuti, T., Vanhatalo, M. & Becker, I. (2012). Achieving Integrated Product and Production Development with Knowledge Creation and Flow Model. Proceedings of Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing FAIM 2012, Tampere University of Technology, 2012.

Lehtonen, T., Juuti, T. & Pakkanen, J. (2020a). MEI 46001 - Integroitu tuotekehitys ja tuotanto. Kurssin luentokalvot. Tampereen yliopisto.

Lehtonen, T., Juuti, T. & Pakkanen, J. (2020b). MEI-46201 - Modulaaristen tuotteiden suunnittelu. Kurssin luentokalvot. Tampereen yliopisto.

Lähdesmäki, T., Hurme, P., Koskimaa, R., Mikkola, L. & Himberg, T. Menetelmäpolkuja humanisteille. Jyväskylän yliopisto, humanistinen tiedekunta. Saatavissa (viitattu 17.11.2020): <http://www.jyu.fi/mehu/>

MAN. (2020). MAN-kuorma-automallit. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 30.11.2020): <https://www.truck.man.eu/fi/fi/kuorma-auto/mallikatsaus/mallikatsaus.html>

Manufacturers. The Directorate-General. European Commission. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 29.9.2020): [https://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking/manufacturers\\_en](https://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking/manufacturers_en)

MultiGrease. Faster Srl. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 11.11.2020): <https://www.faster-couplings.com/product-detail/multigrease-177>

Mäenpää, K (2018). LEAN VLOG – osa 3 – Miten Lean toiminta kannattaa aloittaa. Video. Lean-valmentajan videoblogi Lean-toiminnan aloittamisesta yksinkertaisten käytännön esimerkkien avulla 2.5.2018. Lataaja Kai Mäenpää. Saatavissa (viitattu 21.9.2020): <https://www.youtube.com/watch?v=RZqsRrexhrY>

Nando (2020). New Approach Notified and Designated Organisations Information System. European Commission. Saatavissa (viitattu 21.11.2020): <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm>

Pakkanen, J., Becker, I., Lehtonen, T. & Juuti, T. (2012). Capturing the flows of the product process. International design conference – Design 2012. Dubrovnik – Croatia.

Pakkanen, J. (2015). Brownfield process: a method for the rationalisation of existing product variety towards a modular product family. Tampere University of Technology Publication 1299. 283 p.

Pakkanen, J., Juuti, T. & Lehtonen, T. (2019). Identifying and addressing challenges in the engineering design of modular systems – case studies in the manufacturing industry. Journal of Engineering Design. 30:1. 32-61. DOI: 10.1080/09544828.2018.1552779

Parslov, J.F. & Mortensen, N.H. (2015). Interface definitions in literature: A reality check, Concurrent Engineering. Vol. 23(3), pp. 183-198.

Päivärinta, J. (2020). Diplomi-insinööri. Suunnittelupäällikkö. Cargotec Finland Oy. Teams-haastattelu 9.10.2020.

Rapinoja, J.P. (2019). Koneturvallisuuden standardit. METSTA, Metalliteollisuuden Standardisointi yhdistys ry.

Reinertsen, D. & Shaeffer, L. (2005). Making R&D Lean. Research Technology Management. Vol. 48(4), pp. 51-57.

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2006). KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaristo. Saatavissa (viitattu 17.11.2020): <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/>

Suominen, A., Kantola, J. & Tuominen, A. (2009). Reviewing and defining productization, 20th Annual Conference of the International Society for Professional Innovation Management.

Tukes (2020). CE-merkki – valmistajan ilmoitus tuotteen vaatimustenmukaisuudesta. Turvalisuus- ja kemikaalivirasto. Saatavissa (viitattu 30.9.2020): <https://tukes.fi/documents/5470659/6410641/CE-merkki+-+valmistajan+ilmoitus+tuotteen+vaatimustenmukaisuudesta.pdf/f3ab1c43-86c0-435c-9e24-ba41607b05cc/CE-merkki+-+valmistajan+ilmoitus+tuotteen+vaatimustenmukaisuudesta.pdf?version=1.1&t=1526766783000&download=true>

Ward, A. (2007). Lean Product and Process Development. Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA, USA

Yin, R. K. (2014). Case Study Research – Design and Methods (5th ed.), SAGE Publications, Inc, 264 p.

# LIITE A: NYKYTILAVIRTAUSMALLI

